

逢甲大學
交通工程與管理學系碩士班
碩士論文

高速公路交通噪音模式之研究

A STUDY OF HIGHWAY TRAFFIC NOISE
MODEL

指導教授：劉 霈

研 究 生：王世傑

中華民國九十六年一月

摘要

高速公路噪音監測若要做到點狀的監測，以反應出線及面的噪音影響，是相當昂貴的，所以國內外發展出許多噪音預測模式，已用於各種可行性研究、規劃與設計、及環境影響評估，由於電腦快速發展及普及化，有許多高速公路噪音預測模式電腦軟體，如 CADNA-A、SOUNDPLAN 等被廣泛地應用在高速公路環境影響評估及其他專案。良好的噪音預測模式可精確地預測高速公路噪音影響程度，更能因此節省專案工時與執行成本。

高速公路交通噪音來源主要係來自車輛引擎運轉及車輛行駛與地面及大氣之間產生的摩擦，一般而言，道路摩擦音在車輛速度大於每小時 60 公里時會較引擎音來得大，車流量、車速、重車的比例及路面種類影響道路音壓位準的預測值，本研究將探討 DIN18005、RLS-90 and ASJ MODEL 1998 等噪音預測模式相同的資料預測結果之差異，尤其是將高速公路車種、車道、流量速度等交通資料轉成模式輸入資料對預測結果所產生影響，若預測值與實測值相差太大時，調校預測模式可以大幅縮小兩者的差距，所謂調校程序是將噪音監測同時得到的交通調查資料代入推算出預測值，以與實測音量相比較，也就是讓預測值與實測值是在一樣的交通流量、車速、重車組成等條件做比較，如此一來，即使誤差高達 10 分貝，只有詳細分析預測結果與各種類似情況，選出及調校出最適當的噪音預測模式。

ABSTRACT

It is very expensive to measure the influence of highway noise. There are a lot of noise prediction models for the purpose of feasibility study, planning and design, environmental impact assessment. The related software such as CADNA-A, SOUNDPLAN to the highway noise simulation is widely use the highway noise impact assessment and project because of the rapid growth of computer and its popularization. The right prediction model can help us to increase the accuracy of modeling result and save project manhour.

The noise of highway vehicles is mainly generated from the engine and from frictional contact between the vehicle and the ground and air. In general, road contact noise exceeds engine noise at speeds higher than 60 km/h. The sound pressure level from traffic can be predicted from the traffic flow rate, the speed of the vehicles, the proportion of heavy vehicles, and the nature of the road surface. The study discusses about the difference of DIN18005、RLS-90 and ASJ MODEL 1998. Within this the vehicle flow noise of the highway network by these prediction models. If the difference of the estimated sound level from that of the measurement is large, the calibration on the prediction models to be use will be

greatly reduced. As far as we know, the calibration process is performed by conducting concurrent traffic noise level measurements and vehicle counts, and comparing the measured level with that predicted by the models for the given traffic conditions. This calibration procedure can be used to normalize the models output for varying traffic volumes, speeds, and truck compositions present during the noise measurement samples. The error can be up to 10dB, careful analysis of the results, or comparison with similar situations, is required preparation and calibration of a suitable traffic noise prediction model.



目錄

摘 要	i
ABSTRACT	i
目 錄	i
圖目錄	i
表目錄	i
第一章 前言	1
1.1 研究動機	1
1.2 研究目的	2
第二章 文獻回顧	4
2.1 道路交通特性	4
2.2 道路交通噪音影響因素	6
2.3 道路噪音預測模式種類	12
2.3.1 SOUNDPLAN	13
2.3.2 CADNA-A	14
2.3.3 TNN	16
2.3.4 ROAD TRAFFIC NOISE	19
2.3.5 日本運輸省交通公害研究所	19
2.3.6 施鴻志道路交通噪音預測模式	19
2.3.7 張富南道路交通噪音預測模式	20
2.3.8 黃傳先模式	20
2.3.9 彭保華模式	21
2.4 模式應用討論	21
2.4.1 模式之調校	21
2.4.2 不同道路結構與噪音預測	27
2.4.3 車速與噪音預測	28
2.4.4 路面種類與噪音預測	28
2.4.5 車輛種類與噪音預測	30

第三章 研究方法	33
3.1 蒐集資料	33
3.2 文獻整理及評析	33
3.3 選用噪音預測模式建立輸入資料	34
3.4 推算國內車輛噪音值上下限	35
3.5 國道一號交通噪音監測	35
3.7 驗證與校估	35
3.5 探討預測模式應用問題	35
第四章 噪音預測模式	37
4.1 RLS-90	37
4.2 DIN 18005	45
4.3 ASJ MODEL 1998	52
第五章 高速公路噪音預測與校估	63
5.1 建立輸入資料	63
5.1.1 交通資料	63
5.1.2 參數資料	68
5.2 噪音監測	75
5.2.1 測點描述	76
5.2.2 噪音監測值	77
5.3 噪音預測及比對	78
5.3.1 各噪音模式預測之差異	82
5.3.2 小時平均車流量之預測值	84
5.3.3 雙向與單向車流量	87
5.3.4 日交通量推算小時交通量	90
5.4 校估	98
第六章 結論與建議	103
6.1 結論	103
6.2 建議	105
參考文獻	107

圖目錄

圖 2.1	TNM 道路線的曲度計算圖示.....	18
圖 2.2	TNM 各種車輛及不同路面之行駛速度與噪音量的關係.....	18
圖 2.3	TNM 車輛於各種路面不同行駛速度的 1/3 Octave Bands 噪音量.....	19
圖 2.4	練習地區模擬值與觀測值比較.....	22
圖 2.5	Ikegami-Shinmachi Intersection 交通量模擬值與觀測值比較.....	22
圖 2.6	台北市信義路五段（松智路與松仁路之間）監測地點.....	23
圖 2.7	ASJ 預測值及實測值比較(平面).....	27
圖 2.8	ASJ 預測值及實測值比較(路堤).....	27
圖 2.9	ASJ 預測值及實測值比較（路塹）.....	27
圖 3.1	研究流程.....	36
圖 4.1	“長”的道路評估範圍.....	38
圖 4.2	“直”的道路評估範圍.....	38
圖 4.3	道路噪音平均值 $L_m^{(25)}$ 與車流量關係圖.....	39
圖 4.4	不同車種最高車速修正值.....	40
圖 4.5	受體與道路不同水平距離 $S_{\perp,0}$	42
圖 4.6	道路路段長度修正值.....	44
圖 4.7	影響地區距道路路段距離修正值.....	44
圖 4.8	噪音源評估範圍的分割.....	45
圖 4.9	$L_m^{(25)}$ 與車流量的關係.....	46
圖 4.10	速率修正值 (ΔL_v) 與速率關係圖.....	47
圖 4.11.1	點音源與預測點距離與修正值 ΔL_s 關係圖.....	49
圖 4.11.2	點音源與預測點距離與修正值 ΔL_s 關係圖（路堤段）.....	49
圖 4.12	2 個噪音源的加成交量.....	50
圖 4.13	道路與建築物水平距離及修正值 $\Delta S_{\perp,0}$	51
圖 4.14	道路與障礙物反射效果示意圖.....	52

圖 4.15	ASJ 噪音預測流程.....	54
圖 4.16	曲線道路點音源預測地點.....	54
圖 4.17	L_{Aeq} 之 UNIT PATTERN.....	54
圖 4.18.a	大型車行駛速率與噪音關係.....	56
圖 4.18.b	中型車行駛速率與噪音關係.....	56
圖 4.18.c	小貨車行駛速率與噪音關係.....	57
圖 4.18.d	小客車行駛速率與噪音關係.....	57
圖 4.19	音的傳播及反射.....	59
圖 4.20	排水性路面 PWL 修正值.....	60
圖 4.21	排水性路面 PWL 頻率修正值.....	60
圖 4.22	排水性路面反射修正值.....	61
圖 4.23	排水性路面修正效果逐年變化.....	61
圖 5.1	預測點至各車道中心線距離—預測點至外側車道中心線 25 公尺.....	68
圖 5.2	預測點至各車道中心線距離—預測點至路肩 1 公尺.....	69
圖 5.3	中山高速公路 128.750 公里及 167.200 公里測點實景.....	76
圖 5.4	中山高速公路 173.800 公里測點實景.....	76
圖 5.5	台九線雙流橋 DIN18005 小時均能音量預測值與實測值之差.....	95
圖 5.6	台九線雙流橋 RLS-90 小時均能音量預測值與實測值之差..	95
圖 5.7	台九線雙流橋 ASJ MODEL 1998 小時均能音量預測值與實測值之差.....	95
圖 5.8	台九線大竹 DIN18005 小時均能音量預測值與實測值之差..	97
圖 5.9	台九線大竹 RLS-90 小時均能音量預測值與實測值之差.....	97
圖 5.10	台九線大竹 ASJ MODEL 1998 小時均能音量預測值與實測值之差.....	97
圖 5.11	RLS-90 預測值(◆)與交通量關係與實測值(■)分布圖.....	99
圖 5.12	RLS-90 預測值(◆)與交通量關係與實測值(■)分布圖.....	99

表目錄

表 2.1	車輛噪音來源一覽表.....	11
表 2.2	噪音振動評估模式技術規範所列道路噪音預測模式.....	13
表 2.3	CADNA-A 坡度修正因子.....	15
表 2.4	非交通噪音對環境音量的加成效果.....	21
表 2.5	CADNA-A 及 SOUNDPLAN 電腦模式輸入資料.....	24
表 2.6.1	測點 A 預測與實測及校估結果.....	24
表 2.6.2	測點 A 預測與實測及校估結果.....	25
表 2.7.1	測點 B 預測與實測及校估結果.....	25
表 2.7.2	測點 B 預測與實測及校估結果.....	25
表 2.8	平面道路經驗公式均能音量推估表.....	26
表 2.9	平面道路經驗公式均能音量校正結果.....	27
表 2.10	高速公路經驗公式均能音量推估及校正表.....	27
表 2.11	路面粗糙度指數與噪音增量的關係.....	29
表 2.12	DIN-18005 不同路面噪音修正值.....	29
表 2.13	不同地面的噪音衰減預測值.....	29
表 2.14	道路交通安全規則主要車型分類.....	30
表 2.15	日本 ASJ MODEL 1998 車種分類.....	30
表 2.16	各種噪音預測模式內容摘要及應用情形.....	31
表 4.1	以日交通量推算小時交通量與重車比例.....	40
表 4.2	不同路面修正參數.....	40
表 4.2.1	車速大於每小時 50 公里不同路面修正參數 ^[1990]	40

表 4.3	設有號誌控制的十字路口修正值.....	41
表 4.4	道路坡度修正值.....	41
表 4.5	道路兩側房屋或牆壁等反射作用修正值.....	43
表 4.6	每小時車流量(M)及大車所佔比例(P)修正值.....	47
表 4.7	ΔL_{Str0} 路面修正值.....	47
表 4.8	路面坡度 ΔL_{Stg} 修正值.....	47
表 4.9	十字路口的噪音修正值 ΔL_K	50
表 4.10	多重反射加成音量.....	51
表 4.11	ASJ 車輛種類一覽表.....	55
表 4.12	車種 4 分類之 A、B 兩種速率關係式的噪音值.....	55
表 4.13	車種 2 分類之 A、B 兩種速率關係式的噪音值.....	55
表 4.14	A 加權 1/1Octave 修正值.....	56
表 4.15	空氣吸收衰減係數 α	61
表 4.16	空氣吸收衰減修正值.....	61
表 4.17	氣象影響的修正值.....	62
表 5.1	預(實)測點交通資料—中區交通控制系統之交通資料.....	65
表 5.2.1	預(實)測點交通資料—方向別 (北上)	65
表 5.2.2	預(實)測點交通資料—方向別 (南下)	66
表 5.3.1	預(實)測點交通資料—車道別 (北上)	66
表 5.3.2	預(實)測點交通資料—車道別 (南下)	67
表 5.4	國道四號預(實)測點交通資料.....	67
表 5.5	DIN18005 輸入參數資料.....	71

表 5.6	RLS-90 輸入參數資料.....	72
表 5.7.1	ASJ MODEL 1998 輸入參數資料-北上.....	73
表 5.7.2	ASJ MODEL 1998 輸入參數資料-南下.....	74
表 5.8	中山高速公路各噪音監測點小時噪音量.....	77
表 5.9	國道三號各噪音監測點小時噪音量.....	77
表 5.10	DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 預測值與實測值比較表.....	80
表 5.11	表 5-11 DIN18005 及 RLS-90、RLS-90M 預測值比較表.....	84
表 5.12	DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL1998 預測與實測比較表.....	86
表 5.13	DIN18005 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較.....	87
表 5.14	RLS-90 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較.....	89
表 5.15	ASJ MODEL 1998 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較.....	90
表 5.16	台九線雙流橋交通資料.....	91
表 5.17	台九線大竹交通資料.....	91
表 5.18	台九線 DIN18005 輸入參數資料.....	92
表 5.19	台九線 RLS-90 輸入參數資料.....	92
表 5.20	台九線 ASJ MODEL 1998 輸入參數資料.....	93
表 5.21	台九線 DIN18005、RLS-90、ASJ- 1998 預測值與實測值比較(一).....	94
表 5.22	台九線 DIN18005、RLS-90、ASJ- 1998 預測值與實測值比較(二).....	96
表 5.23	各測點實測值與 DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 預測值之差.....	100

表 5.24	國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料.....	101
表 5.25	國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料.....	101
表 5.26	國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料.....	102



第一章 前言

1.1 研究動機

我國為改善各地城鄉的差距，落實一日生活圈的政策發展，近年來積極地興建高快速公路，各地方政府配合交通政策在中央的補助下，建設連結高快速公路的縣、鄉道及市區道路形成各地完整路網，然而國內交通供給並非不足，而是平日與假期及城鄉分配不均，再加上道路興建後沿線住宅及商業進住，土地使用逐漸密集，導致為解決交通壅塞問題而興建的公路反倒成為沿線民眾抱怨的噪音源，公路交通量在尖離峰、平日及假期等時段差異甚大，原先為減少公路用地面積未保留緩衝區，也讓主管機關不知應採行何種防制措施才能有效降低道路噪音，不是沒有多餘空間設置防音裝置；就是因採取交通管制對策減少交通量降低了噪音影響，卻讓其他替代道路產生壅塞，或者因行駛距離變長而造成民怨；鋪設排水性吸音路面雖然可以減少車輛行駛產生的輪胎音，但又擔心大型車會破壞路面，或因路面壽命減少增加養護經費，目前最常採用的噪音防制措施就是隔音牆，有時卻因為平面道路噪音讓設有隔音牆的高架道路減音效果打折，或者路邊建築物樓高於隔音牆，或與道路距離不夠，但在民眾的心理效果大於隔音牆隔音效果的狀況下，公路主管機關仍樂於以設置隔音牆作為解決道路交通噪音陳情案件的方法。

道路交通噪音屬於線音源，若要掌握交通噪音傳播影響的沿線地區噪音分布狀況，須每隔一定距離於虛擬方格的直線與橫線交叉處測量噪音，網格分布愈密評估噪音影響的結果愈精確，但整條道路長度與影響範圍龐大，限於人力及經費無法大規模在影響面進行佈點測量噪音，因此各國發展出各種道路噪音預測模式，模式內容考量各種車輛噪音量、行駛車速變化，各時段交通量、路面材質及紋路、路形及高架、路堤、路塹等道路結構、反射物、道路與受影響地區距離噪音衰減等情形，進行噪音預測後，再選擇數個地點量測噪音，並驗證實測值及預測值的偏差，再據以校估預測模式，以求校估後的預測結果趨於實際噪音情況。

現行國內法令規定進行一定規模的道路興建或改建之開發案時，須進行環境影響評估作業，對一些噪音影響不大或開發規模很小的作業，法令規定可逕提噪音影響說明書，不需進行噪音監測，此時良好的噪音預測模式可以得到近似噪音實況的預測結果。另外對於要設置隔音裝置的路段只能蒐集到設置前的交通噪音，運用噪音預測模式可推導隔音裝置設置後受影響地區的減音效果，以提供防音設計之參考。

噪音預測模式的準確性主要基於運算式涵蓋的參數及其係數，一般運算式涵蓋了車輛的音壓位準或聲功率位準、行駛速率、道路邊至預測點距離、道路種類（高架、路堤、路塹等）、路面材質、反射影響、氣象因素及路旁

隔音裝置減音效果等關係式，這些參數的數值愈趨近於實際狀況，甚至在推導之初所取的測試值或實測值愈多，模式就愈精準，同樣地，預測時，如果輸入參數時能取得現地數值，預測的結果會愈近似實測值，校估時所取的點數就可以少一些，反之則實測點數就要多一些，才能校估出較精準的預測結果。

使用電腦模式時最常見的問題就是以為使用了電腦套裝軟體，只要按照操作程序輸入預測地點各項道路環境及噪音相關參數即可，有關道路線形、坡度、路面材質、反射及氣象等較易取得實際數值設定，但道路上行駛的車輛種類及其音壓位準或聲功率位準就難以取得，若電腦軟體為德國公司開發，內建車輛噪音關係式及參數來源可能偏重於歐洲車，台灣地區車輛多為日系車型，至於交通量及行駛速率資料，是否能就道路結構（車道數改變、交流道、交叉路口等）變化進行交通流量及速度調查，進行環境影響評估時，往往引用道路興建前預估的交通量及服務水準，又因道路尚未興建或無法取得隔音設施設置後的減音效果，無法進行校估，無從確認預測結果的準確度。

在特定道路進行實地調查推導出的經驗模式，若未曾針對車輛音壓位準及聲功率位準大量調查及推導出車輛噪音模式，並在其他道路上驗證，後人使用時也未注意經驗模式使用的限制條件，預測結果會有很大的誤差，如果在校估時，若僅使用 1、2 處時段不多的實測值進行校估，再直接修正模式常數值，這樣的預測值實不宜用來說明道路全線的噪音預測值。

本研究擬以相同的交通量、速度、路面、坡度等輸入參數，應用不同噪音預測模式預測監測地點的噪音量，再比較不同的噪音預測模式預測值與實測值的差異，並探討該差異的產生與預測模式本身的關聯，文中除詳細介紹國外道路噪音預測模式及國內噪音預測經驗模式內容，並選擇國道高速公路適合地點進行噪音監測，再以監測地點交通資料及環境資料建立各預測模式輸入參數，預測後再比對各模式預測值與實測值的差值，及分析各噪音預測模式的預測結果的差異，提出各模式使用上可能面對的問題及應注意事項，以期對噪音預測模式的選用能有更多的瞭解，並找出適用於高速公路的噪音預測模式。

1.2 研究目的

本研究運用經各國認可之噪音預測模式進行國道高速公路噪音預測，探討這些模式使用方法及須注意的問題，期望未來能讓環境影響評估階段、隔音設施設置規劃階段從事規劃、評估及審查工作者，對模式使用及預測結果影響因子多一分認識，提昇我國噪音預測模式應用的可信度，以下為本研究之目的：

1. 瞭解電腦軟體內建噪音預測模式運算程序及使用方法。

2. 運用相同的輸入資料，以噪音預測模式演算式進行預測。
3. 驗證各種噪音預測模式預測值與實測值差值，探討超過限值的預測結果。
4. 分析各噪音預測模式預測的差異及其發生的原因。
5. 提出高速公路噪音預測模式適用性。



第二章 文獻回顧

道路噪音預測模式涵蓋的參數包括路形、道路結構、路面材質、坡度、等環境特性，以及車輛種類、車輛音壓位準（SPL）或聲功率位準（PWL）、交通流量、速度等噪音相關資料，預測結果為取信於人，尚須進行實測校估，本研究將整理道路交通特性、道路交通噪音影響因素、歐美日各國噪音預測模式、國內道路噪音預測經驗模式，以及以往國內外噪音預測模式應用相關研究內容。

2.1 道路交通特性

王又麟^[1993]將道路交通特性分為交通量及交通管制，交通量會因時間、交通組成、方向分布、車道分布、地區及服務形式、旅行目的、幾何形式、交通管制形式等的關係而有所變化和差異，若對此變化的特性加以分析研究，可以瞭解各道路系統上的各種活動量。

1. 交通量特性

(1) 時間

道路交通的交通量會因小時、日、週、月、季的不同而有所變化，一般差異性較大的是週內各日時段及每日時段，週一至週五工作日中，交通量變化不大，但週六及週日，遊樂區及觀光景點會出現較大交通量，其他一般都市通勤路線的交通量會有顯著減少。

在每日時段上，平日交通量的變化，會呈現一固定趨勢，但整個變化幅度會因道路定位、所在區位、土地使用等而有所不同，一般而言，早上七點至晚上七點的交通量佔全日交通量的 60~70%，上午或下午尖峰小時可能佔全日交通量的 8~9%，約佔日間交通量的 10%。

都市地區尖峰交通量遠比郊區明顯，有時尖峰小時內最高的 15 分鐘車流會佔尖峰小時交通量的 40%，郊區交通量幾乎都集中在日間，有時高達 80%，有時可以用市區 12~16 時之小時交通量及郊區 10~12 時之小時交通量推估出全日交通量。

(2) 交通組成

交通的組成有行人與車輛之分，車輛又分為許多等級，在交通中的 T 因素（T-Factor）是指在車流中大貨車與大客車所佔的比重，此因素對道路交通噪音影響非常重要，徐耀賜^[2002]提出 T 的主要功能為不同車型有不同的重量、尺寸、行車速度、道路使用面積，因此交通組成關係到路面縱坡設計、結構設計等。

(3) 方向分布

觀察道路交通方向時，必須先注意道路周邊的土地使用，商業區與住宅區或主要都市與衛星城鎮的位置，才能確切掌握道路交通的方向分布，一般上午車輛會湧入都會區中心，下午則回到住宅區或衛星城鎮。

(4) 車道分布

多車道公路的交通量會受到總交通量、道路設計、行經地點、交叉路口設計、岔路及進出該路口交通量的大小等因素影響，徐耀賜^[2002]提出在多車道公路隨車道的位置和總流量的變化有很大的差異，故在低交通量時，車輛會以外側車道或其他車道超越前車，內側車道交通量會比外側車道少，交通量大時，每一行車方向有兩車道以上時，行駛於中間或內側車道的車輛可用較高速率行駛其擔負之流量比外側車道多，內外側車道交通量會呈現均衡狀態。

(5) 道路分類

道路所在地區及功能不同，道路交通量亦有顯著不同，主要幹道及某些商業區的「地區性道路」上的交通量較高，住宅區與郊區公路的交通量則較低，若想提高道路交通噪音預測的準確性，需對道路系統加以分類，一般道路可分快速道路系統、主要幹道系統、集散道路系統、地區性道路系統等四類。

(6) 公路容量

現有車道與交通狀況下，單位時間內能通過道路上某特定點，每一車道同向行駛車輛的最大值，稱為該道路的容量；在都市地區雙向道路每車道每小時可能容量約 840 輛，徐耀賜^[2002]則對公路容量定義為在天候及路面狀況良好之情況下，每單位時間內，公路某一橫斷面之每一車道或車道群（由數車道組成）上所能合理通過的最大車輛數。

2. 交通管制特性

徐耀賜^[2002]認為不同交通控制對車流必定產生影響，如號誌設施、交叉路口管制、速率限制、禁止超車等，若控制條件對車流發生阻斷時，此項措施須依其控制內容納入阻斷性交通設施加以分析；若控制條件對車流之飽和狀況有所影響，便需在影響因素中加以分類探討。

(1) 交通號誌、標線與號誌

駕駛人須遵守交通號誌、標線與號誌行駛，故號誌、標線會影響各道路、路口等交通量。

(2)道路使用權

車輛駕駛人驅車進入交叉路口前通過設有「停」或「讓」標誌處或駕駛人企圖左轉行駛時，需將路權讓予已經進入或以臨近交叉路口的車輛先行，除非駕駛人與來車仍有足夠的安全間距，方可繼續操車行進。

(3)速限管制

交通管理單位為了確保用路人的安全及道路的正常運作，會依道路與環境狀況為駕駛人擬定最高或最低的行駛速率，安全的行駛速率可確保駕駛在事故發生時能有充分的反應時間來應變，車輛發出的引擎音與路面摩擦產生的輪胎音會與車速成正比。

(4)單行道管制

單行道的設置仍是在特定路段規劃車輛行駛單一方向，藉此降低擁擠與延滯，都市中心商業區是設置單行道的典型區域，設置單行道會增加道路整體流量，國內外經驗，單行道會比雙向車道增加約 20% ~ 50% 的交通容量，單行道會提高路段旅行速率，也會改變車輛運行方向，對噪音傳播方向會有一定程度的影響。

2.2 道路交通噪音影響因素

道路噪音主要來自於車輛行駛時引擎運轉、輪胎與路面摩擦、剎車與加速等產生的聲音，徐淵靜^[1992]將影響道路交通噪音的因素分為車輛本身、交通管制、道路狀況、環境及氣候因素：

1. 車輛因素

(1) 引擎音

引擎音發生原因乃是汽車引擎內部之運轉，燃油與空氣混合後點爆所產生之噪音，這是活塞式引擎主要的噪音，柴油引擎產生噪音的主因則是「曲軸箱爆震」，引擎音與引擎回轉速度的關係如下：

$L = 30 \log N + K$柴油車

$L = 50 \log N + K$汽油車.

N：引擎迴轉速度（rpm）

K：常數

(2) 輪胎音

輪胎產生之噪音乃由於輪胎與道路之接觸，胎面不平（花紋）而擠壓花紋間之空氣，輪胎前進拍擊地面，輪胎材料本身之變形等而造成之噪音。

- A. 胎紋噪音：因輪胎防滑的花紋產生的噪音，其頻率在 300~1200Hz 之間，輪胎胎面著地承受壓力時，花紋深內的空氣被擠壓放鬆而產生噪音，其頻率與噪音量隨車速及載重而有差異，故在設計輪胎花紋時考慮各種頻率相互抵消，有助降低噪音。輪胎花紋有橫花紋、縱橫花紋、縱花紋等三種，橫花紋輪胎常用於卡車、大巴士等大型車輛後輪，此型花紋噪音較大，縱橫花紋輪胎噪音最小，輪胎花紋的溝深愈大噪音愈大，新輪胎使用數週噪音最大，再隨輪胎胎齡增加而減小。
- B. 接地噪音：因輪胎前行與地面接觸，產生拍擊現象而發生之噪音，其頻率約在 200~350Hz，與路面材料、粗細度有很大的關係。
- C. 路上噪音：因輪胎前行，輪胎本身變形而產生噪音，頻率約在 100~150Hz 之間，此與輪胎材料與構造有關，鋼絲輪胎比一般交叉層輪胎的噪音小，此因其變形較小的緣故，又路上浮動石子等產生的噪音在廣義上亦屬於路上噪音。
- D. 錘擊噪音及粗糙噪音：因輪胎形狀不均引起輪胎自身的加振力所產生的聲音，輪胎一回轉產生一個聲音稱為錘擊噪音，輪胎一回轉產生多次聲音稱為粗糙噪音。
- E. 摩擦音：車輛緊急起動、制動或急迴轉所產生的彈性振動音。

(3) 吸排氣音

引擎將燃燒廢氣排到外部的裝置稱為排氣裝置，由排氣歧管、排氣管、消音器等所構成。汽缸吸入或排氣通常由 3~4 mm 的鑄鐵和鋁合金所製的歧管吸入或排出空氣，排氣音往往大於進氣音，係由於汽缸排出的高壓廢氣急劇膨脹而產生，可藉消音器將排氣的溫度與壓力降低，並吸收噪音，消音器大小決定於引擎的容積或回轉數，多由安裝場所自行設計合適的構造。

(4) 風扇音

汽車的風扇裝在散熱器後方，把大量的空氣經散熱器吸入以幫助散熱的冷卻作用，影響噪音的因素有風扇的葉片寬度(b)、葉片數(n)、旋轉速率(N)、車速(v)與風扇直徑(d)，關係式如下：

$$L(dB) = 10 \log bn + 30 \log [(aNd^2) + (5.305)^2] - 108.6$$

b：葉片寬度，m

N：旋轉速率，rpm

v：車速，km/hr

d：風扇直徑，m

a：引擎係數，1.0 或 1.2

要改善風扇噪音，若要保持一定送風量，增加葉片數或葉片寬度要比提高風扇轉速的馬力損失小，如果風扇接近散熱器產生的冷卻效果較大，一般距離 4~8 吋，噪音的影響較小。

(5) 車齡及養護之影響

研究顯示，同一輛車新出廠產生的噪音與使用二年後產生的噪音，後者約增加 3~5 分貝，主要是由於排氣系統與車體震動所致，車輛養護作業可使車輛各部分維持良好的狀態，可減少噪音量。

2. 交通因素

交通因素包括車種、交通量及運行狀況等。

- (1) 車種組成的影響：因車種不同，會產生不同的噪音。
- (2) 交通量之影響：交通噪音是由車輛所產生，交通量多音源多合成的噪音位準必然較高，而對交通噪音預測常以車際數據為準，用迴歸分析方法可歸納出具有地區特性的交通量與交通噪音關係。
- (3) 車輛運行狀態對噪音的影響：車輛運行狀態包括起動、加速、減速等，對噪音的影響。

3. 道路因素

道路因素可依道路構造分為高架、平面與路塹等挖土與填土等不同，道路線形、道路橫斷面及路面構造等對道路交通噪音皆有影響。

- (1) 高架（或填土）道路：由等音壓線的分布狀況可發現高架橋下受到的噪音影響較小。
- (2) 挖土（或路塹）道路：挖土斷面的側壁略為傾斜可縮小噪音影響的範圍。
- (3) 路面粗糙度之影響：由於路面材料之不同，對車輛駛過時產生不同程度的噪音，路面粗糙度與輪胎的摩擦有關，小客車影響較小，對於大貨車或拖車等重型車輛影響極大。
- (4) 路面乾濕情況對噪音之影響：輸濕的路面較潮濕的路面其所產生的噪音較小，路面愈濕噪音愈大。
- (5) 縱斷坡度之影響：車輛高速行駛時，若進入坡度大而路段短時，不需換擋即可保持相同速率通過時，噪音位準不致增大；若車輛在低速行駛時，進入縱坡度大且長路段，須改用低速擋方可通過時，噪音量必然增大，其增加噪音量與車輛性能有極大關係。高速駛入縱坡±5% 以下的路段，當坡度長度在可不改換低速擋即可通過時，於坡道中心點

- (6) 測試，其增加的噪音量約為坡度的 1/3。
- (7) 高架道路護欄型式之影響：高架道路之護欄具型式，可分為實體型與透空型兩種型式，其中實體型護欄具有防音牆之作用，遠較透空型護欄的防音效果為佳，約可減低路側噪音近 1 分貝。
- (8) 伸縮縫之影響：伸縮縫是高架車道必備的結構接縫，供高架橋樑上部結構熱漲冷縮之用，以往之高架橋樑的伸縮縫多採用角式鋸齒式，另有橡膠式（unix 型）與 GiTop 型等新式伸縮縫。伸縮縫使用的材質不同其間距由 10 公尺至 150 公尺左右，雖然伸縮縫的設置是高架道路無可避免的措施，但可經由加長橋樑的跨度，採用連續式設計等方式減少伸縮縫的數量，亦可經由加強施工品質精度，減少伸縮縫的高差，以減輕車輛的衝擊與振動，更可由伸縮縫設計的形式材質的改良，減少噪音產生。

4. 環境及氣候因素

(1) 道路二側建築物對噪音衰減之影響：

自由流動之交通流，其噪音對都市住宅區之影響依調查顯示，若有大樓介於其間，噪音值能減 10~20 分貝，與其間有多少棟大樓無關，若對音壓位準進行測量，結果距離每增加一倍音壓位準可降低 3 分貝，若市區道路二側皆有高大建築物時，則因反射音的影響，對寬度小於 12 公尺的街路會產生噪音的匯集及放大，道路二側建築物反射最大可增加約 2.5 分貝。

(2) 樹林造成的噪音衰減

在 Breanek 的「戶外聲音之傳播」乙文中曾論及在極密的森林，測試 2000Hz 的聲音，每百公尺可衰減 10~25 分貝；較不茂密的森林每百公尺可衰減 5~12 分貝，落葉樹在無葉時其百公尺的衰減值在 0~5 分貝，然而樹木葉片愈大、愈密時吸數聲音的效果愈佳，種值防音林每百公尺衰減值為：楓樹（10~12 分貝）、白樺樹（4~6 分貝）、英國橡樹（0~5 分貝）。

(3) 地面性質之影響

由於地面材料的關係，造成不同材質的地面材料會產生不同的聲音傳播效果。

(4) 空氣中聲音之衰減

聲音經由空氣傳播，其間必有能量之損失，可稱之為因空氣吸入而引起的衰減值，噪音的衰減量與溫度、相對濕度及聲音頻率成正比，晴天較雨天的空氣衰減量大，冬天比夏天的空氣衰減量大，高頻的聲音較低頻的空氣音衰減量大。

汽車各音源對整車噪音的貢獻而言，汽車的各個噪音源都是相互關連的，噪音較小聲源受更大噪音源的掩蓋，因而要澈底分離各個噪音是十分困難的，可對汽車幾個主要噪音源如排氣系統、發動機附件、傳動系統輪胎、及燃燒系統等所占整個汽車噪音比例進行討論，此外輪胎噪音與車速是相當有關係的，除了車速外輪胎的公稱寬度、汽車總重也會影響汽車噪音；路面狀況對輪胎噪音的影響，粗糙混凝土路面之噪音高於光滑混凝土路面，但光滑混凝土路面之噪音通常小於光滑柏油路面產生的噪音；汽車在剎車、加速和急轉彎情況下，由於輪胎接地處產生震動鳴聲而使輪胎噪音增加。一般情況下，剎車和加速時輪胎噪音約上升 1~4dB(A)，而急轉彎時能使輪胎噪音在高頻範圍內增加 10 dB(A)左右；汽車的車身形成一定形狀的封閉空間，在特定頻率下具有增強噪音的效果，這種現象稱車室的空腔共鳴，在空腔共鳴發生時，車室內不同位置具有不同聲壓級，一般後座處高些。車室的形狀和大小、車身結構、材料，對車室共鳴現象起著決定性作用，激震力大小、震動傳遞系統的阻尼特性、車室內吸音材料性質與厚度等，對共鳴峰值有重要影響；小客車打開單一車窗並在高速行駛時，車室就相當於一個赫姆霍茲共振腔；在汽車行駛過程中，汽車各個方向上噪音強度並不是完全相同的，由於各個音源噪音附設大小和位置不同，以及噪音傳播途徑的差別，使某些方向的噪音較高，而另一些方向上的噪音較低。

影響交通噪音的因素很多，徐庭偉^[2000]研究報告提到道路上的車輛行駛狀況對交通噪音影響很大，一般隨行駛速度的增加或加速行駛，交通噪音隨之增大；在同一行駛速度下，變速器所處檔位越低，交通噪音也越大，這主要是由於作為交通噪音源的車輛噪音增加而使交通噪音合成值上升；隨交通量的增加，構成交通噪音的音源增加，不論是噪音級還是統計噪音量都呈上升趨勢，但當流量超過 2000 輛以後，噪音量基本恒定不變，統計參數的標準差減小，交通量對統計噪音量 L_{99} 、 L_{90} 、 L_{50} 影響較大，對噪音峰值影響較小；交通噪音不僅和車流量有關，還與車流中各種車型所佔比例有關，隨著噪音較大的重型車比例增加，交通噪音量有較快的增加。影響交通噪音大小的道路因素很多，如道路縱橫斷面形狀、路面狀況、有無擴散和隔離設施、沿路建築物多少等等。當車輛在坡道上行駛時，由於發動機負荷與轉速增加，汽車噪音量明顯增大，因而坡路上的交通噪音也隨之增大特別是重型車比例的車流在不同坡度的道路上行駛時均能音量的變化情況；另外，路面粗糙度不同，將會使汽車噪音大小產生差異，因而影響交通噪音。

汽車噪音源對交通噪音影響較大者，在低速行駛時有排氣系統作用、冷卻風扇運轉與引擎機件運轉；高速行駛時有空氣動力音（風切音、進排氣作用）、輪胎音與引擎和傳動系統之噪音，加速行駛時有進排氣系統作用與引擎機件運轉之噪音、怠速狀態時的冷卻風扇運轉與引擎機件運轉噪音。汽車加速行駛時，汽車音源對整體噪音的貢獻比例是因車種而異，就大多數汽車而言發動機噪音所佔的比例最大，其次是排氣系統噪音，對於中、小型汽車排

氣系統噪音佔有一定比例；對於大型汽車而言，在加速行駛時，冷卻系統噪音影響量會加大，對任一車種高速行駛時輪胎噪音為車外噪音的主要噪音源之一。

日本曾以 1971 年與 1976 年及 1977 年之法規標準對幾種車型、車輛加速中在車外量測分析各噪音源所佔比例，在 1971 年標準中發動機之噪音所佔比例相當高，包括小客車在內的小型車約佔 55%，在大、中型車約佔 65~70%，為符合 1976、1977 年標準，日本採取以降低發動機噪音為主的各種防制措施，1976、1977 年的資料顯示，發動機噪音降了許多，以大型車為例，約佔 30%，但排氣與輪胎噪音所佔比例增加了。

表 2.1 車輛噪音來源一覽表

車輛噪音	噪音來源
引擎系統噪音	由引擎及附屬機件所發出的聲音，分為： 1.燃燒噪音：氣缸內來回點火爆炸產生的噪音。 2.機械噪音：引擎驅動運轉產生的噪音。
冷卻系統噪音	散熱風扇旋轉所發出的聲音，分為： 1.回轉音：風扇葉片運轉使空氣壓力產生變動的噪音。 2.渦流音：風扇葉片外緣區空氣亂流產生的噪音。
汽氣系統噪音	進氣口所發出的聲音分為： 1.脈衝音：由斷續的吸取空氣所產生的噪音。 2.氣流音：吸入空氣經由空氣濾清器入口或內部時產生亂流的噪音。 3.振動音：進氣系統使車體表面產生共振特有低頻噪音。
排氣系統噪音	排氣系統所發出的聲音，分為： 1.脈衝音：引擎排氣行程中廢氣排出的噪音。 2.氣流音：排氣系統內部排氣時氣體亂流的噪音。 3.振動音：排氣氣體及引擎振動使排氣管或消音管表面產生振動的噪音。
傳動系統噪音	將引擎動力傳達到輪胎的各項裝置所發出的聲音，分為： 1.變速箱噪音：齒輪軸承發生的噪音及齒輪或引擎振動傳達到車體的振動音。 2.傳動軸噪音：傳動軸回轉振動的噪音與最終減速機或引擎變速箱等共振音。 3.驅動軸噪音：與最終減速機共振音。
輪胎噪音	輪胎轉動時與路面摩擦所發出的聲音，分為： 1.空氣音：胎面溝紋內空氣擠出的噪音。 2.振動音：胎面和路面接觸時振動的噪音。
其他	車體與空氣摩擦音（俗稱空氣音）：1.喇叭；2.剎車器；3.車組件振動

資料來源：行政院環境保護署

2.3 道路噪音預測模式種類

習良孝^[1997]根據國外的研究，將噪音預測模式分為經驗模式、解析模式、電腦模式及模型實驗等四種：

1. 經驗模式

係將噪音位準之測值和交通狀況（車速、交通量、測距等）、道路條件（線形縱橫斷面）、道路週邊環境條件（地形、地面、氣候等條件）等因素，利用多元迴歸建立成相關方程式或曲線圖，然後導出交通噪音預測模式。

2. 解析模式

解析模式應用在道路時，係由研究單一車輛所產生之噪音，建立道路各種車流狀況的噪音模式包含：

- (1) 假設車流產生的聲音導自線性音源之每單位長度之聲功率，所有車輛均等分配構成連續性線音源之聲音位準測定模式。
- (2) 車輛間距為等距分配，構成不連續的音源，而導出音源沿一假設等量單車道之聲音位準測定模式。

3. 電腦模式

此方法在道路之應用係利用電腦模擬車流行駛於所定之構造及線形的道路上所可能產生的交通噪音，模擬之條件包括道路構造及線形、地形、遮音體、車流量及空氣衰減、繞射、距離衰減等因素，由於具有利用電腦快速運算的強大功能，並可配合相關周邊設備輸出圖表，有助於提供快速準確的模擬結果。

4. 模型實驗之預測

日本使用道路噪音之應用實例，係以模型重現交通、道路及環境條件進行實驗，以掌握音壓位及傳播特性。

環保署參照黃乾全等^[1999]等研究發布「噪音振動評估模式技術規範」，以提供環境影響評估合理且適切的噪音預測模式，其中道路噪音預測模式包括了歐美日知名的電腦預測模式軟體，以及國內行之有年的經驗模式，如表 2.2，以下各節將介紹這些模式內容及其使用精確度。

表 2.2 噪音振動評估模式技術規範所列道路噪音預測模式

道路分類	道路構造型態	模式名稱
高速公路 快速公路	高架、挖填方、交流道	RLS-90—SOUNDPLAN、CADNA-A
		ASJ
		TNM
	隧道口	RLS-90—CADNA-A
		ASJ
		TNM
	高架+平面	RLS-90—SOUNDPLAN、CADNA-A
		ASJ
		TNM
一般公路	幹道	RLS-90—SOUNDPLAN、CADNA-A
		ASJ
		TNM
		施鴻志模式
		張富南模式
	交叉路口	RLS-90—SOUNDPLAN、CADNA-A
		ASJ
		TNM
	隧道口	RLS-90—CADNA-A
		ASJ
		TNM

2.3.1 SOUNDPLAN

SOUNDPLAN^[德 2]是由德國 Braunstein+Berndt GMBH 發展之電腦套裝軟體，能預測車輛、交通、道路及環境等四項影響道路交通噪音的特性，計算出噪音敏感點的噪音量及繪製彩色等噪音線圖，還可以針對超過法規標準的地區進行隔音牆設計，道路噪音預測只是 SOUNDPLAN 系統中的一項預測功能，使用者能依需求選擇奧地利、法國、日本、英國、德國、北歐、瑞士、美國等國家的道路噪音預測演算法：

1. Austria ÖAL 23/RVS3.114
2. French NMPB
3. Japanese Road Model B
4. UK Calculation of Road Traffic Noise (CoRTN)
5. Germany RLS 90 and DIN18005

6. Scandinavia Statens Planverk 48 (Nordic Road Noise Prediction)
7. Switzerland Model designed by EMPA (StL-86)
8. USA Federal Highway Model (FHWA)

SOUNDPLAN 並無交通量或速率等使用的特殊限制，可廣泛應用在高速公路、快速公路及市區道路，輸入的噪音源資料包括車輛數及大型車比例，車輛數須分為大型車、小客車，至於機車及聯結車需換算成小客車或大型車當量。

2.3.2 CADNA-A

CADNA-A^[德3] 是由德國 DataKustik 公司開發之噪音預測模式電腦軟體，該軟體具備多種國家噪音預測的標準，使用者能依需求選擇下列不同的道路噪音預測方法：

1. RLS-90：德國道路噪音防制準則。
2. DIN18005：德國都市計畫的噪音減低預測方法。
3. CRTN：英國國家量測實驗室開發之道路交通噪音預測模式 (Calculation of Road Traffic Noise 1988)。
4. NMPB-Routes-90：德國 Stuttgart 大學依據 RLS-90 發展之噪音預測模式。
5. Nordin Prediction Method。
6. RVS 3.02：德國 Berechnung der Lärmimmission nach RVS 3.02 噪音預測方法之略稱。
7. STL 86：瑞士聲學協會發展之噪音預測方法，全名為 Konformitätserklärung und Testaufgaben für das Modell StL-86。

該軟體適用於高速公路、快速公路、一般（市區）道路、隧道口，且小型車行駛速率每小時 30~130 公里、大型車行駛速率每小時 30~80 公里的路段，但交通量則無限制，可預測之噪音源種類為車輛數及大型車比例，車種分為大型車與小型車，機車則換算成小型車數量，測量地點並特定位置，評估指標也為小時均能音量，該模式演算公式如下：

$$LS = LM + DI + K - DS - DL - DBM - DG + DE - DZ$$

LS：預測點音壓位準，dB

LM：音源聲功率，dB

DI：方向係數，dB

K：傳遞空間修正，dB

DS：距離衰減修正，dB

DL：大氣吸收修正，dB

DBM：地表吸收修正，dB

DG：植物效應修正，dB

DE：障礙物反射修正，dB

DZ：室外因子（如風向、溫度等）修正，dB

$$LM = L_{25} + DV + D_{stro} + D_{stg} + D_{mrefl}$$

LM ：距音源 25 公尺、離地面 4 公尺高之音壓位準，dB

DV ：速率修正因子

D_{stro} ：道路路面修正因子，瀝青路面 $D_{stro}=0$

D_{stg} ：坡度修正因子，詳表 2.3

D_{mrefl} ：反射音修正因子

G ：道路修正坡度，%

表 2.3 CADNA-A 坡度修正因子

Dstg	G
$0.6 \times G - 3$	$> 5\%$
0	$\leq 5\%$

$$L_{25} = 37.3 + 10 \log [M \times (1 + 0.082 \times P)] \text{ dBA}$$

M ：平均小時交通流量，輛/小時

P ：大型車（2.8 噸以上車種）百分比，%

$$DV = L_{car} - 37.3 + 10 \log \frac{100 + (10^{(0.1 \times D) - 1} \times P)}{100 + 8.23P}$$

$$L_{car} = 27.7 + 10 \log [1 + (0.02 \times V_{car})]$$

$$L_{truck} = 23.1 + 12.5 \times \log V_{truck}$$

$$D = L_{Ltruck} - L_{car}$$

V_{car} ：小型車速率，km/h

V_{truck} ：大型車速率，km/h

$$D_{mrefl} = 2 \times \frac{HB}{W}$$

HB ：反射面（如建築物或防音牆）平均高度，m

W ：音源與反射距離，m

預測道路邊地區交通噪音時，CADNA-A 須輸入道路、交通、敏感點、噪音防制設施（如隔音牆）等屬性資料後，程式依 RLS-90 及 ISO 1913、DIN18005-1、VDI2714 等相關規範進行演算，輸出結果包括有無噪音防制（隔音牆最佳化設計）前後，預測敏感受體的小時均能音量及水平、垂直等噪音線圖。此外，如路邊環境及交通路況較單純的直線道路，使用者可逕自使用輸入參數較少的 Long Straight Road 子程式。

預測隧道口交通噪音時，CADNA-A 須輸入道路、隧道口、交通、敏感點、噪音防制設施（如隧道內襯吸音材）等屬性資料，程式依 CADNA-A 經驗式進行演算，輸出結果包括有無噪音防制設施前後，預測敏感受體小時均能音量及水平、垂直等噪音圖。

2.3.3 TNN

TNM 為聯邦高速公路署（FHWA）於 1988 年 3 月公告之道路噪音預測模式^[英 1]，用於取代 STAMINA 2.0/OPTIMA，操作介面為 Microsoft 視窗，1.1 版適用於 Windows 95 或 Windows NT 等作業環境。

TNM 模式內建之音源資料庫為全美 1994~1995 年間 40 處交通噪音測點現場量測資料，包括於穩定車流及間斷車流下的小客車、中型車、機車、大客車、重型車等 5 種車輛 6,000 筆 1/3 八音頻帶噪音值。本軟體須輸入道路、交通措施、環境條件（地形、地物、建物）、敏感受體預測點、隔音牆等屬性資料後，經由模式推估，可分別計算有無隔音牆前後之敏感受體預測點噪音預估值及等噪音線圖，以下為該模式適用條件：

1. 預測範圍：30 公尺（100 呎）。
2. 量測點數：10~15 個測點。
3. 量測高度：0.6 公尺（2 英呎）。
4. 量測地點：車道中心線向外 30 公尺處。
5. 量測指標： L_{Amax} 。
6. 行駛車速：15~110km/h（10~70mph）。
7. 適用車種：
 - (1) 小客車（4500kg）。
 - (2) 中型卡車（4500kg~12000kg）。
 - (3) 重型卡車（大於 12000kg）。
 - (4) 巴士。

(5) 機車。

8. 適用路面：適用 DGAC (dense-graded asphaltic concrete)、PCC (Portland cement concrete)、OGAC (open-graded asphaltic concrete)，路面的溫度約 55~85°F。

本模式考量的因子包括每一種車輛的噪音量、每種車輛的交通流量及其車速，以及距離衰減、反射與地面吸收的效果，TNM 計算公式如下：

$$L_{Aeq1h} = EL_i + A_{traff(i)} + A_d + A_s$$

L_{Aeq1h} ：預測地點 1 小時均能音量，dB(A)

EL_i ：第 i 種車輛噪音音量，dB(A)

$$\begin{aligned} E_A(s_i) &= (0.6214s_i)^{A/10} 10^{B/10} + 10^{C/10} \\ L_{emis,i}(s_i, f) &= 10 \times \text{Log}_{10}(E_A) + (D_1 + 0.6214D_2s_i) + (E_1 + 0.6214E_2s_i)[\text{Log}_{10}f] \\ &\quad + (F_1 + 0.6214F_2s_i)[\text{Log}_{10}f]^2 + (G_1 + 0.6214G_2s_i)[\text{Log}_{10}f]^3 \\ &\quad + (H_1 + 0.6214H_2s_i)[\text{Log}_{10}f]^4 + (I_1 + 0.6214I_2s_i)[\text{Log}_{10}f]^5 \\ &\quad + (J_1 + 0.6214J_2s_i)[\text{Log}_{10}f]^6 \\ E_{emis,i}(s_i, f) &= 10^{(L_{emis,i}/10)}, \end{aligned}$$

$A_{traff(i)}$ ：第 i 種車輛交通流量（輛／小時）及車速（輛／小時）

A_d ：距離調整因子

A_s ：衰減因子（遮蔽及地面效應）

$$A_{traff(i)} = 10 \log \left(\frac{V_i}{S_i} \right) - 13.2$$

V_i ：每小時車流量

S_i ：每小時車速（km/h）

$$A_d = 10 \log \left[\left(\frac{15}{d} \right) \times \left(\frac{\alpha}{180} \right) \right] dB$$

d ：道路預測路段長度（m）

α ：道路曲度（度）

$d=0$ ； $\alpha=0$ 時

$$A_d = 10 \log \left[\frac{|d_2 - d_1|}{d_2 d_1} \right] + 12 dB$$

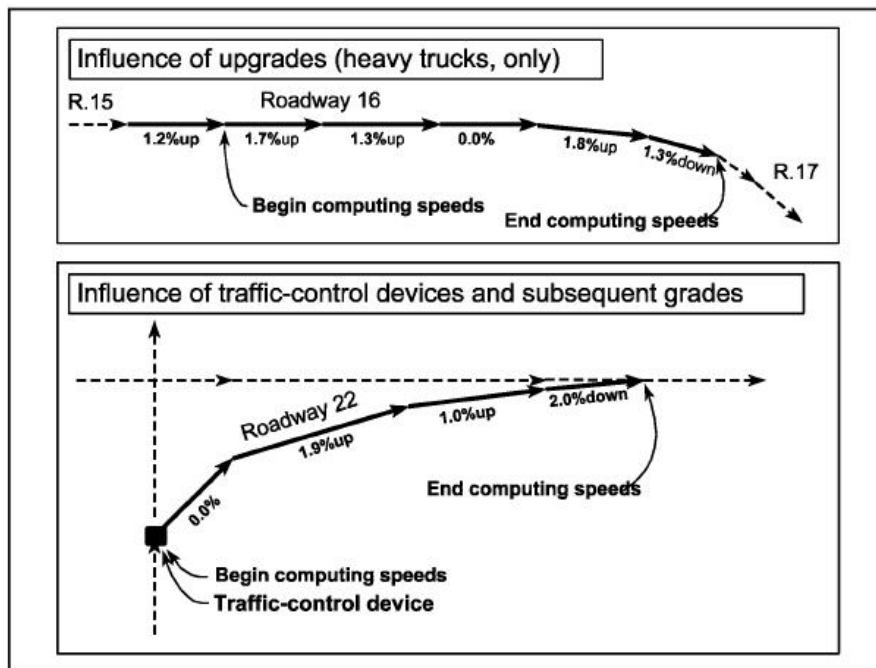


圖 2.1 TNM 道路線的曲度計算圖示

本模式以自由音場為基礎，以 ISO 1996 及 ISO 9613 為依據，應用各種車輛內建資料庫及各種演算法預測道路噪音，車輛污染資料庫包括：

1. 低速及加速行駛車輛。
2. 巴士及機車資料。
3. 車輛分類。
4. 各種路面（DGAC、OGAC、PCC）車輛不同行駛速度的噪音量，如圖 2.2。
5. 其他
 - (1) 兩種音源高度，一為距路面高 1.5 公尺；一為高 3.66 公尺，適用於重車。
 - (2) 1/3 Octave Bands 資料，如圖 2.3。

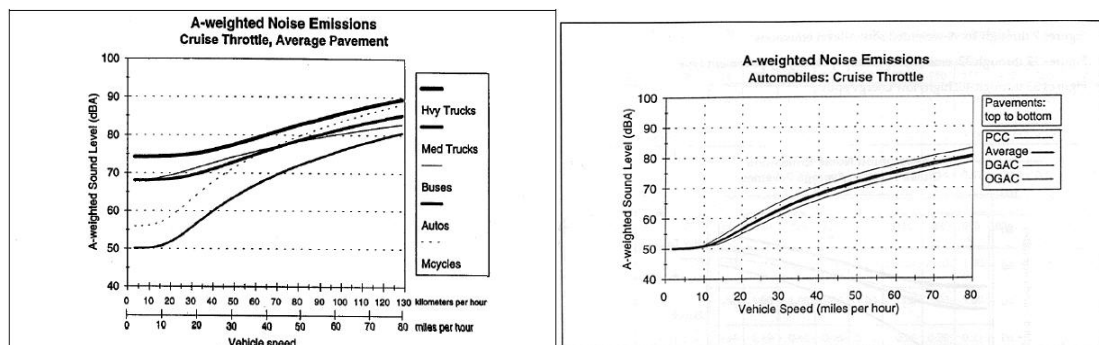


圖 2.2 TNM 各種車輛及不同路面之行駛速度與噪音量的關係

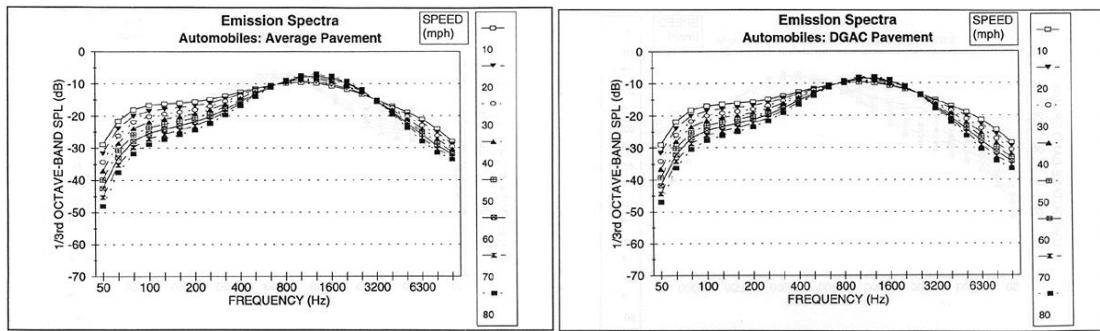


圖 2.3 TNM 車輛於各種路面不同行駛速度的 1/3 Octave Bands 噪音量

2.3.4 ROAD TRAFFIC NOISE

早期因指針式噪音計無法擷取少於每秒的均能音量，進而分離道路與背景噪音，在評估道路噪音時使用 L_{10} 為評估指標，Jones^[1976] 提出 ROAD TRAFFIC NOISE 預測模式如下：

$$L_{10} = 57.0 + 9.18 \log N(1 + 0.09H) - 4.2 \log \frac{5VY}{24} + 2.31T$$

N ：雙向流量（輛/小時）

H ：重車比例（%）

V ：車速（km/小時）

Y ：路寬（m）

T ：10 秒內車數

2.3.5 日本運輸省交通公害研究所

安東武夫等^[1]以小客車、輕貨車、小貨車、大型車等占小時交通量的百分比及速度，為日本運輸省交通公害研究所提出的道路交通噪音預測模式如下：

$$L_w = 85 + 0.2V + 10 \log(C_1 + 2.8C_2 + 5.6C_3 + 12.9C_4) \\ \cong 85 + 0.2V + 10 \log(C_1 + 3C_2 + 6C_3 + 12C_4)$$

$$C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 1$$

$C_1 \sim C_4$ ：分別為小客車、輕貨車、小貨車、大型車之百分比（%）

2.3.6 施鴻志道路交通噪音預測模式

施鴻志^[1981]針對交通量 30 分鐘 950~2334 輛車（1 小時 1800~4600 輛）

的都市聯外幹道推導之經驗模式如下：

$$Leq = 69.6 - 19.0 \log D + 0.55 PT + 7.2 \log Q + 2.5 RF$$

D：測點與道路中心線之垂直直線距離（公尺）

PT：測量時段內卡車佔總車流量之百分比值（%）

Q：總車輛數（輛/小時）

RF：環境虛擬變數

該模式輸入資料包括測點與道路中心線之垂直距離、卡車佔總車流量之百分比、總車輛數與環境虛擬變數，環境虛擬變數考慮臨街面建築物的反射效果，測點周圍半徑 20 公尺有連棟建築物，且測點置放於建築物前 1~3 公尺產生反射音效時 RF=1；若測點周圍半徑 20 公尺內無建築物構成聲音反射體，則 RF=0，輸出資料為 Leq。該模式適用在車輛行駛速率在每小時 35~50 公里之道路，大型車比率在 1%~5% 之間，測點與道路中心線之垂直距離須在 10~18 公尺。

2.3.7 張富南道路交通噪音預測模式

張富南^[1983]針對車流較穩定的狀況，道路狀況與交通流量為均值的一般公路推導的經驗模式如下：

$$Leq = 12.3 \log N + 0.247 P + 2.22 RF + 38.1$$

N：交通量

P：卡車流量比（%）

RF：分類虛擬變數

該模式輸入資料為總車輛數、卡車比與虛擬變數，其中虛擬變數考慮臨街面建築物的反射效果，測點周圍半徑 20 公尺有連棟建築物，且測點置放於建築物前 1~3 公尺產生反射音效時 RF=1；若測點周圍半徑 20 公尺內無建築物構成聲音反射體，則 RF=0，輸出資料為 Leq。該模式未考慮道路中心線至測點距離衰減。

2.3.8 黃傳先模式

黃傳先^[1982]針對高速公路噪音預測提出 L₁₀ 及 L₅₀ 的道路交通噪音經驗模式，該模式輸入資料為 5 分鐘的交通量、大型車比例，道路與預測點距離及相對高度，其公式如下：

$$L_{10} = 54.07 \log N + 0.24RL + 0.123(0.46H + 0.54M) - 24.47 \log D - 27.4$$

$$L_{50} = 51.11 \log N + 0.296RL + 0.296(0.46H + 0.54M) - 23.96 \log D - 25.81$$

N ：交通量（輛/5 分鐘）

RL ：大型車比例（%）

H ：高度

M ：環境因素

D ：當量距離（m）

2.3.9 彭保華模式

彭保華^[1985]為研究台北市高架道路設置隔音牆的效能，提出都市高架道路及平面道路經驗模式，該模式只考量 15 分鐘的車輛數，其公式如下：

$$Leq = 56.42 + 8.04 \log QH \text{ — 都市高架道欄杆}$$

$$Leq = 54.78 + 8.02 \log QN \text{ — 都市平面車道}$$

QH ：高架車道雙向各種機動車輛總數

QN ：平面道路流量（合機車）（輛/15 分鐘）

2.4 模式應用討論

2.4.1 模式之調校

FHWA^[1993]之 TNM 提供一個理想道路條件下精確的公路交通噪音預測，所理想條件係指長且直的道路路段、穩定的車速、平坦的路面、良好的道路鋪面、大量的交通流量、預測點至道路邊沒有阻礙；故有必要透過實地調查交通狀況及量測噪音量調校噪音預測模式。調校程序係將實地調查的交通流量、車速、卡車組成代入噪音預測模式，另外也須注意量測設備、距離、量測技術，以及公路路面對實測噪音的影響。Federal Interagency Committee on Noise (FICON)^[2004]提出以 L_{dn} 評估交通噪音影響，一般非交通噪音的影響會對環境音量具有 5 分貝的加成量，表 2.4 為交通噪音實質的影響。

表 2.4 非交通噪音對環境音量的加成效果

環境音量	非交通噪音加成量
< 60dB	+ 5 dB
60—65 dB	+ 3 dB
> 65 dB	+ 2 dB

FHWA 發展的噪音預測模式基於自由車流預測的 Leq 僅有 1.5 dB 的誤差，應用該模式預測 L_{dn} 時，須對日／夜交通量調整輸入小時交通量，預測

區域內須設置四點進行至少 15 分鐘的噪音量測及交通調查。實測值方面影響也不能忽略，FHWA^[2000]應用 TNN 預測公路隔音牆防音效果，資料分析的程序第一步就是依據噪音計現場校正漂移的結果調整噪音量測值，亦即噪音計最近校正值較最初的校正值大 1dB 以上時，量測資料無效，儀器須送校，不大於 1dB 時，可以下式調整；第二步是調整周界噪音量，如果欲測噪音未超過背景噪音達 4dB 以上時，可視為「MASK」效應。

$$\text{校正調整值} = \text{校正器參考音量} - [(\text{最初校正值} + \text{最終校正值}) \div 2]$$

A.Bhaskar 等^[2004]選定東京都快速道路 18 號(2 車道)應用 ASJ MODEL—1998 進行噪音預測，預測路段與首都高速公路(3 車道)交叉，計有十四個交叉路口，該路段共有 4 種噪音源，包括小車(小客車及小卡車)、大車(巴士、大卡車)，觀測時間包括早上(7:00~10:00)及傍晚(4:00~7:00)尖峰時段各 10 分鐘，蒐集各項輸入資料，路口號誌變化也在觀測之列，觀測 10~15 號誌週期。

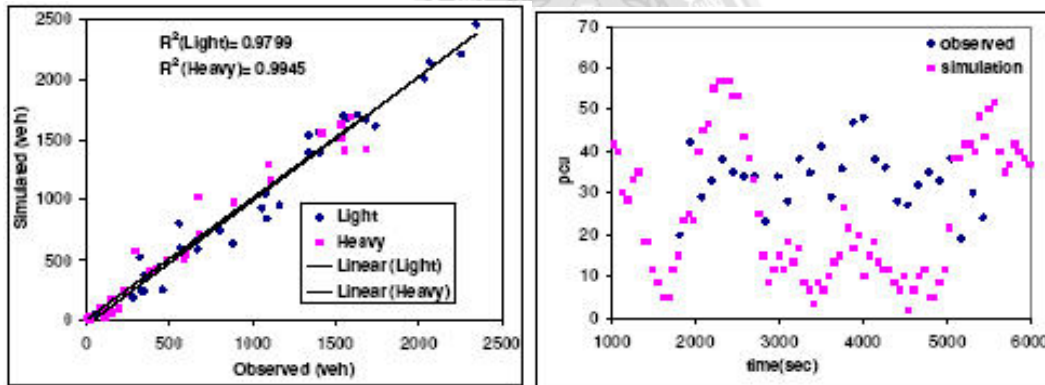


圖2.4 練習地區模擬值與觀測值比較 圖2.5 Ikegami-Shinmachi Intersection交通量模擬值與觀測值比較

模擬值與觀測值比較結果， R^2 大於 0.97，故為使模擬結果準確地複製觀測狀況，須：

1. 確認模擬的交通行為與實際觀測到的相同。
2. 比較每一路口車輛模擬等待車流量及長度與觀測狀況(比較結果如圖 2.4 及圖 2.5)模擬的等待長度之旅行時間大於自由車流。
3. 無論如何觀測之等待長度取決於用路人的判斷，也就是說時速低於 5 公里時才會構成等待長度。

國外研究分析噪音時，會直接檢討噪音量測及預測模式調校(Calibration)有關實際調查的參數代入模式，期使預測值與實測值差異在 3dB 以內，環保署委託黃乾全等^[2000]研究，認為一般人對 5 dB(A)以上之噪音變動量才会有感覺，而依美國環境保護署所提噪音影響等級評估來折衷，對於未來環境音量預測值與現況或噪音音量標準之差值在 0~3 dB(A)者幾乎可視為無影響或

可忽略影響，故其所選取模式之校估誤差亦明訂其誤差值小於 ± 3 dB(A)始得使用。驗證的程序先選擇對象（如高速公路、一般道路）、選擇模式、進行調查（調查項目包括道路項目、交通項目、環境項目、噪音量）、實測噪音量、分析，該研究以台北市信義路五段（松智路與松仁路之間）道路兩側分別選擇兩處測點，於距離道路中心 16 公尺處，高度 1.5 公尺高，進行噪音實測蒐集小時均能音量。校估流程及其步驟如下：

第一步驟：實測 Leq 與模式 Leq 比較，若其兩者之差絕對值小於等於 3dB，則此模式可用；否則至第二步驟。

$$\frac{\sum |\Delta Leq|}{\sum n} \leq 3$$

第二步驟：比較其模式之常數項值與實測值之 L_{90} 。

第三步驟：修正其模式。

第四步驟：計算修正後模式之 Leq 。

第五步驟：比較其修正後模式之 Leq 與實測值之 Leq ，若相差在 3dB 內，則可以使用此修正後模式；否則放棄此模式。

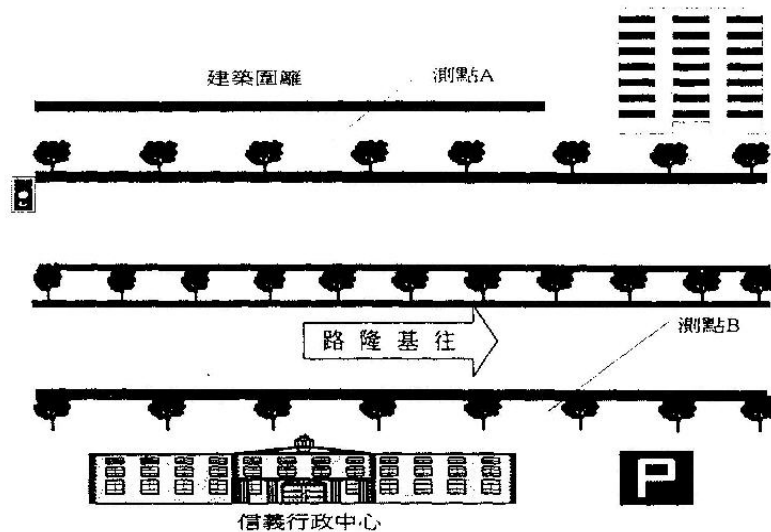


圖 2.6 台北市信義路五段（松智路與松仁路之間）監測地點

該研究使用施鴻志及張富南經驗模式，及 CADNA-A 及 SOUNDPLAN 電腦模式預測上述兩測點之道路交通噪音量，CADNA-A 及 SOUNDPLAN 電腦模式輸入資料如表 2.5 所示，這 4 個模式預測值與實測值驗證結果如表 2.6 及表 2.7 所示。

表 2.5 CADNA-A 及 SOUNDPLAN 電腦模式輸入資料

預測道路方式	單一道路	預測方法	RL-90
路寬	30m	路肩	3m
車道數	雙向 6 車道	車道寬	3.5m
中央分隔島	3 公尺	車速	40 km/hr
預測點	距路邊 1m (距路中心線 16m)		
時段	大型車輛數	交通流量	大型車比例
11:20~12:20	104	2900	3.6%
12:20~13:20	128	2827	4.5%
13:20~14:20	115	3138	3.7%
14:20~15:20	127	3401	3.7%
15:20~16:20	147	3513	4.2%
16:20~17:20	143	3746	3.8%
17:20~18:20	141	4527	3.1%
18:20~19:20	124	4024	3.1%

表 2.6.1 測點 A 預測與實測及校估結果

時間	實測值	施鴻志模式		張富南模式	
		預測值	誤差	預測值	誤差
11:20~12:20	71	72.20326	1.203256	77.9912	6.991
12:20~13:20	70.6	72.12871	1.528715	78.0739	7.474
13:20~14:20	69.7	72.45032	2.750323	78.6661	8.966
14:20~15:20	70.5	72.70237	2.202372	78.8369	8.337
15:20~16:20	71.5	72.80616	1.306163	78.8079	7.308
16:20~17:20	75.1	73.00495	-2.09505	78.6452	3.545
17:20~18:20	74.8	73.59323	-1.20677	78.9263	4.126
18:20~19:20	74.7	73.22475	-1.47525	78.6158	3.916

表 2.6.2 測點 A 預測與實測及校估結果

時間	實測值	CADNA-A		SOUNDPLAN	
		預測值	誤差	預測值	誤差
11:20~12:20	71.0	71.5	0.5	72.1	1.1
12:20~13:20	70.6	71.8	1.2	72.4	1.8
13:20~14:20	69.7	71.9	2.2	72.4	2.7
14:20~15:20	70.5	72.2	1.7	72.8	2.3
15:20~16:20	71.5	72.6	1.1	73.2	1.7
16:20~17:20	75.1	72.7	-2.4	73.3	-1.8
17:20~18:20	74.8	73.1	-1.7	73.7	-1.1
18:20~19:20	74.7	72.6	-2.1	73.2	-1.5

表 2.7.1 測點 B 預測與實測及校估結果

時間	實測值	施鴻志模式		張富南模式	
		預測值	誤差	預測值	誤差
11:20~12:20	74.2	72.20326	-1.99674	77.9912	3.792
12:20~13:20	74.5	72.12871	-2.37129	78.0739	3.574
13:20~14:20	74.5	72.45032	-2.04968	78.6661	4.166
14:20~15:20	74.6	72.70237	-1.89763	78.8369	4.237
15:20~16:20	75.2	72.80616	-2.39384	78.8079	3.608
16:20~17:20	76.0	73.00495	-2.99505	78.6452	2.645
17:20~18:20	75.6	73.59323	-2.00677	78.9263	3.326
18:20~19:20	75.1	73.22475	-1.87525	78.6158	3.516

表 2.7.2 測點 B 預測與實測及校估結果

時間	實測值	CADNA-A		SOUNDPLAN	
		預測值	誤差	預測值	誤差
11:20~12:20	74.2	71.5	-2.7	72.1	-2.1
12:20~13:20	74.5	71.8	-2.7	72.4	-2.1
13:20~14:20	74.5	71.9	-2.6	72.4	-2.1
14:20~15:20	74.6	72.2	-2.4	72.8	-1.8
15:20~16:20	75.2	72.6	-2.6	73.2	-2.0
16:20~17:20	76.0	72.7	-3.3	73.3	-2.7
17:20~18:20	75.6	73.1	-2.5	73.7	-1.9
18:20~19:20	75.1	72.6	-2.5	73.2	-1.9

習良孝^{【1997】}提出噪音預測模式校驗證分析目的，係以實測之噪音數據及相關條件輸入噪音模式，藉由比較模擬值與實測值之差異性，從而瞭解各瞭

解各模式噪音預測值的準確性和適用性。一般而言人耳在噪音差值 3dB(A) 以下時，並無法辨別，故一般商用噪音電腦模式，其預測值和實測值可小於 3 dB(A)，至於噪音經驗公式，由於考慮因子較少，其誤差將較大，但在考慮人耳於噪音差異達到 5 dB(A) 以上時將可明顯察覺的情況下，任何噪音預測值若與實測值差異達到 5 dB(A) 以上時，其模式應不適用，此外在可行性研究、規劃及設計等不同階段時，其允許的誤差應視估案特性加以決定。

道路模式係採用均能音量來評估道路交通噪音對人所產生的影響，在量測時段內，因聲音能量是由車輛噪音與背景音量所產生，所以均能音量評估道路交通噪音時，可同時考慮車輛噪音與背景及對人的影響情況。為瞭解經驗公式的適用性及進行校驗證分析，參考「中正機場—台北捷運環境品質監測調查報告」中的台北市西寧北路現場資料、「嘉義大埔美智慧型工業園區開發計畫環境影響說明書」於嘉義縣縣 162 道路實測資料、及「彰化海濱工業區開發工程施工期間環境監測調查」於台 17 線海埔國小實測資料進行經驗模式校驗分析，各模式預測值及實測值如表 2.8，發現平面道路經驗公式輸入各實測資料後，皆比實測值為高，與實測值間之差距成一有規則改變，台北市西寧北路經校正後結果如表 2.9。

該研究為進行高速公路經驗模式之校驗證分析及瞭解其適用性，採用交通部台灣區國道高速公路局「中山高速公路交通噪音污染改善規劃」報告中之實測資料進行經驗模式校驗證分析，其結果如表 2.10。

表 2.8 平面道路經驗公式均能音量推估表

單位：LeqdB(A)

	台北市西寧北路	嘉義縣縣 162	台 17 線海埔國小
日本運輸省交通公害研究所模式	87.8	89.9	91.0
施鴻志模式	82.6	73.8	83.7
張富南模式	79.7	69.7	78.0
彭保華模式	75.6	70.5	74.5
TRAFFIC 模式	72.1	76.9	77.9
實測值	71.1	72.8	74.6

表 2.9 平面道路經驗公式均能音量校正結果

單位：LeqdB(A)

台北市西寧北路	校正前	誤差	第一次現場實測經驗公式輸出值	實測值	誤差	第二次現場實測經驗公式輸出值	實測值	誤差
日本運輸省交通公害研究所模式	87.8	16.7	71.8	71.1	0.7	71.8	70.3	1.5
施鴻志模式	82.6	11.5	71.4		0.3	71.4		1.1
張富南模式	79.7	8.6	71.7		0/6	71.7		1.4
彭保華模式	75.6	4.5	71.5		0.4	71.5		1.2
TRAFFIC 模式	72.1	1.0	71.1		0.0	71.8		1.5

表 2.10 高速公路經驗公式均能音量推估及校正表

單位：LeqdB(A)

中山高速公路(三重～五股)	實測值	校正前	誤差	校正後	誤差
林炳坤模式	82.6	89.6	7.0	82.5	0.1
張富南、施鴻志模式		80.2	2.4	82.5	0.1
黃傳先模式		78.2	4.4	81.1	1.5

2.4.2 不同道路結構與噪音預測

日本音響學會道路交通噪音調查委員會^[1999]整理 ASJ MODEL 1998 於平面、路堤、路塹等不同的道路構造所進行的噪音預測，並與實測值予以比對，圖 2.7、圖 2.8 及圖 2.9 為預測值與實測值比對後的誤差與標準差，圖 2.9 路塹構造明顯受到背景噪音影響，該報告特別提出未來應針對道路複雜的構造再探討 ASJ MODEL 1998 的適用性。

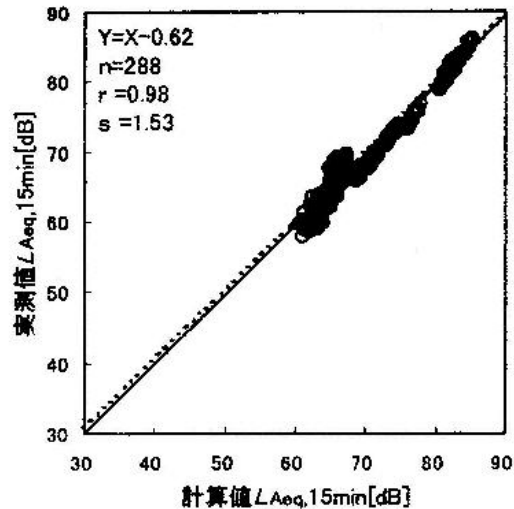
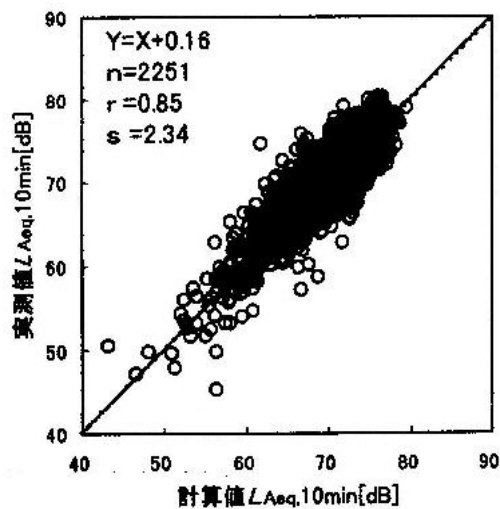


圖 2.7 ASJ 預測值及實測值比較(平面) 圖 2.8 ASJ 預測值及實測值比較(路堤)

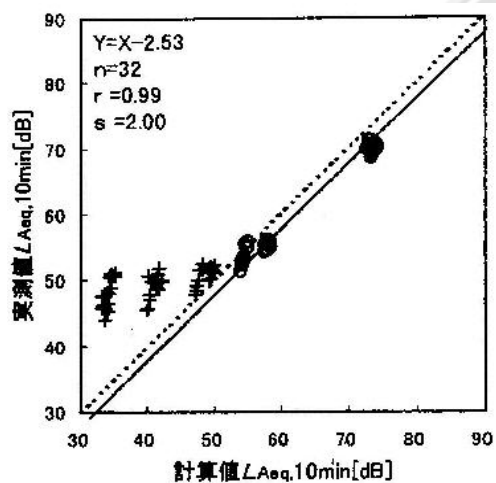


圖 2.9 ASJ 預測值及實測值比較 (路塹)

2.4.3 車速與噪音預測

徐偉庭^[2000]於台北市區進行噪音實測，並運用 IMMI 5.0 軟體模擬噪音，發現市區車輛噪音主要來自於大型車輛，且多為低頻之噪音，車流量愈大，交通噪音愈大，車速於 60 km/h、50 km/h 及 40 km/h 時，車速每降低 10 km/h 噪音降低約 2 分貝，大客車車速由 50 km/h 減至 40 km/h，噪音約可降低 3~4 分貝，由實測結果，槽化車道設置之交通島確實可減低噪音，車道以交通護堤或花台槽化在聲影區內可降低 4~20 分貝。

2.4.4 路面種類與噪音預測

道路不同鋪面其粗造度會影響車輛行駛的噪音量，徐淵靜^[1992]針對路面

粗糙指數提出的噪音增量值如表 2.11 所示，德國 DIN18005^[1987] 提出不同路面的噪音修正值如表 2.12 所示，日本 ASJ MODEL 1998 將道路鋪面分為通常鋪面及排水性鋪面，排水性鋪面噪音修正值為 $-3.5\log V + 3.2\text{dB}$ 。林栢村^[2004] 的研究歸納的重點包括鋪面型式對車行噪音有顯著的影響，剛性鋪面的最大音量明顯較柔性鋪面高，噪音量確實受車種影響當車輛越大，軸數越多所產生的最大音量也越大，車輛高速行駛時，其噪音主控機制為行駛噪音而非動力音，透水量與鋪面紋理對應噪音之相關性顯示，連續孔隙率越多，減音效果越佳，改良式瀝青混凝土鋪面及排水性鋪面之預測修正值與實測本土鋪面修正值之差值分別為 2.25 分貝及 -0.90 分貝；新舊瀝青混凝土開放級配之鋪面修正值分別為 0.33 分貝及 0.75 分貝。

表 2.11 路面粗糙度指數與噪音增量的關係

R 值	路面狀況	$\Delta L(\text{dB})$
0.05 以下	矽砂瀝青路面經填封修飾	+3
0.05~0.4	密級配瀝青混凝土	0
0.4~0.7	密級配瀝青混凝土或水泥混凝土	+2
0.7~1.0	已磨損之灌入式卵石瀝青路面	++
1.3 以上	有橫向裂縫之路面	+8 以上

表 2.12 DIN-18005 不同路面噪音修正值

項號	路面材質	$\Delta L_{\text{Stro}}(\text{dB})$
1	混凝土	0
2	瀝青混凝土	-0.5
3	掃紋混凝土/軋壓瀝青	1.0
4	鋪石路面（平面）	2.0
5	補石路面（非平面）	4.0

噪音量隨距離增加而衰減，但因不同的地面其衰減效果地有差異，Trent S. Dinn^[2000] 指出地面的遮蔽效應，以 115 dB 的音源在 2 公里半徑範圍擴散，隨距離變化其衰減效果如表 2.13。

表 2.13 不同地面的噪音衰減預測值

單位：(dB)

距離(公里)	硬質地面	一般地面	軟質地面	非常軟地面
500	51.2	51.2	51.1	51.1
1000	43.6	42.1	41.2	40.3
1500	38.9	36.3	34.8	33.4
2000	35.4	32.1	30.1	28.3

2.4.5 車輛種類與噪音預測

無論是歐洲的 DIN8005、RLS-90，美國的 TNM，日本的 ASJ MODEL 1998 以及國內大部分的經驗模式都考量大型車在交通量中占的比例，所以車輛的分類也會影響噪音預測的結果，表 2.14 為道路交通安全規則主要車型，表 2.15 為日本 ASJ MODEL 1998 車種分類，德國 DIN18005 則將重 2.8 噸以上的貨車及大客車視為大型車。

表 2.14 道路交通安全規則主要車型分類

車型		名稱	定義
小型車		小客車	座位在 9 人座以下之客車
		小貨車	總重在 3500 公斤以下之貨車
大型車	大型車	大客車	座位在 10 人座以上之客車
		大貨車	總重量大於 3500 公斤之貨車
	聯結車	牽引車	專供牽引其他車輛之汽車
		拖車	由汽車牽引本身無動力之車輛
		半拖車	具有後輪前端附掛於牽引車第五軸之拖車
		全拖車	具有前後輪前端附掛於牽引車之拖車
		半聯結車	一輛牽引車或一輛半拖車所組成車輛
		全聯結車	一輛牽引車或一輛汽車與一輛或以上之全拖車組成車輛

資料來源：徐耀賜^[2002]

表 2.15 日本 ASJ MODEL 1998 車種分類

4 車種分類	2 車種分類	汽車種別	參考
大型車	大型車	大型貨車（車輛總重 8 噸以上，最大積載重 5 噸以上） 大型巴士（乘客 30 人以上） 大型特殊汽車	大型貨車，須裝速度表示燈者，大部分為 3 軸車
中型車		貨車（排氣量超過 2000cc，大型車除外） 中型巴士（乘客 10~29 人）	大部分為雙軸車
小型貨車	小型車	貨車（排氣量 50cc 以上，2000cc 以下）	不含休旅車
小客車		小客車（乘客 10 人以下）	包含休旅車

表 2-16 各種噪音預測模式內容摘要及應用情形

項號	項目	RLS-90	ASJ 1998	DIN 18005	施鴻志經驗模式	張富南經驗模式
1	道路類型	各種道路	各種道路	各種道路	一般公路	一般道路
2	評估指標	小時均能音量 (L_{Aeq})	小時均能音量 (L_{Aeq})	小時均能音量 (L_{Aeq})	小時均能音量 (L_{Aeq})	小時均能音量 (L_{Aeq})
3	基本式	$L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_K + \Delta L_{Stg}$	$L_{peq} = L_{PE} + 10 \log N - 35.6$	$L_{W'} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_{Stg} + 17.6 dB$	$Leq = 69.6 - 19.0 \log D + 0.55 PT + 7.2 \log Q + 2.5 RF$	$Leq = 12.3 \log N + 0.247 P + 2.22 RF + 38.1$
4	交通量	$L_m^{(25)} = 36.8 + 10 \log [M \times (1 + 0.082 P)]$	$10 \log N$	同 RLS-90	限於半小時 950~2334 輛，1 小時 1800~4600 輛，速率在 35~50 km/h，大型車比率在 1% ~5%	限於車流穩定，道路獎況及交通流量為均值
5	時段加權	日間(6:00~22:00) 夜間(22:00~6:00)	無	同 RLS-90	無	無
6	速率因子	$L_{PKW} = 27.2 + 10 \log \left[\frac{1}{(0.02 V_{PKW})^3} \right]$	$L_{WA} = A + 10 \log V$ $L_{WA} = B + 30 \log V$	$\Delta L_v \cong (23 - 3.5 \sqrt{p} + 0.2 p) \cdot (\log v - 2) dB$	無	無
7	路面因子	表列修正值	$L_{WA,dr} = L_{WA} + \Delta L_{WA,dr}$	表列修正值	無	無

項號	項目	RLS-90	ASJ 1998	DIN 18005	施鴻志經驗模式	張富南經驗模式
8	坡度因子	表列修正值	無	表列修正值		
9	聲音傳播	$\Delta L_{s\perp} = 13.8 - 3.5X - \frac{X^2}{Z}$	A 法(精密計算方法) B 法(簡易計算方法)	無	無	無
10	反射樹木空氣隔音裝置減音效果	$\Delta L_B = -\Delta L_{LS} - \Delta L_{Geh} + \Delta L_{refl}$ 反射損失值依 ZTV-LSW 81 規範。	$\Delta L_{d,fb} = \Delta L_{1-5}$ $\Delta L_{a,air}(r)$ $\Delta L_{m,line}$	$\Delta L_{z,\perp} = \left[\begin{array}{l} 8 \log \left(1 + 80 \cdot \frac{z}{m} \right) \\ - 0.1 \sqrt{\frac{K}{m^2}} \end{array} \right]$ $K_w = e^{-\left(\frac{a \times b}{heff \times 5700m} \right)}$ $= e^{-\left(\frac{k}{s \times 11400m} \right)}$	環境虛擬變數(1 或 0)	環境虛擬變數(1 或 0)
11	路段線形	$l_1 \geq 3s_1$ 和 $l_2 \geq 3s_2$	預測地點垂直線至車道中心線的交點距離 $\pm 20l$	音源須予以分割至線(面)音源的長 l 等於或小於受音點至音源中心的距離(s)的 0.7 倍	無	無
12	應用準確性	SOUNDPLAN 及 CADNA 誤差約為-2.7~2.7dB	-2.53~0.16dB	參照 RLS-90	-2.99~2.75dB	2.645~8.966 dB

第三章 研究方法

本研究擬就相同的輸入資料，比較不同的噪音預測模式預測值之間的差異，以及與實測值的差值，依據國際標準相差 $\pm 3\text{dB}$ 以內多視為共振與反射的影響，而相差 $\pm 5\text{dB}$ 以上人耳才能感到明顯的差異，所以本研究也將對相差 $\pm 5\text{dB}$ 以上的預測結果進行探討，並提出高速公路噪音預測模式適合性，以下各節將說明本研究各項研究方法，研究流程如圖 3.1。

3.1 蒐集資料

本研究資料蒐集將彙整歐美日交通噪音預測模式及本國以往引用最多的經驗模式資料，並分析各預測模式公式、輸入參數、輸出結果、系統應用、誤差狀況，此外，為進行噪音預測研究，亦將蒐集國內車輛噪音與車速測試資料、國道高速公路交通資料及噪音監測資料，以下為本研究將蒐集資料項目：

1. 交通噪音預測模式：德國 RLS-90、DIN18005，以及 SOUNDPLAN、CADNA-A 等電腦軟體，以及日本 ASJ MODEL 1998、美國 TNM、還有國內施鴻志、張富南、彭保華、黃傳先等經驗模式。
2. 國內碩博士班交通噪音預測模式推導及應用討論相關研究。
3. 國外有關噪音預測模式應用與校估（Calibration）相關研究。
4. 高速公路交通資料：國道一號中區（新竹系統交流道至員林交流道間）北上與南下路段適當監測地點的最近車輛偵測器小時交通資料，其內容包括小型車流量、大型車流量、聯結車流量、小型車速度、大型車速度、聯結車速度、占有率等數據。
5. 高速公路噪音監測資料：將在國道一號中區（新竹系統交流道至員林交流道間）路段選擇距路邊 25 公尺便於設置噪音監測設備的地點進行噪音監測，蒐集小時均能音量。

3.2 文獻整理及評析

在進行噪音預測與驗證，以及編撰報告書前，須先整理分析各種道路交通噪音模式，以及國內外針對各噪音預測模式所做應用研究，以便找出適合的研究方法，並檢視國內可蒐集到的車輛測試資料、交通資料、道路環境資料、氣象（風向、風速、氣溫、降雨等）資料，以便建立預測模式基本輸入資料，以下為本研究文獻整理項目：

1. 道路交通特性，包括時間、交通組成、車行方向、車道分布、道路分類、

2. 交通容量等交通量特性；交通標誌、標線、號誌，道路使用權、速限管制、單行道等交通管制措施。
3. 道路噪音影響因素，包括車輛本身與交通、道路、環境等因素，諸如引擎、輪胎、進排氣、風扇等產生之噪音，車齡與養護對噪音的影響，車種組合、交通量及運行狀況，路堤、高架、路塹等道路結構，路面材料與粗糙度、乾濕情況、縱坡度、護欄型式、伸縮縫的影響，道路兩側建築物、樹林縱深、氣象等。
4. 交通噪音預測模式，包括適用範圍、模式公式及參數定義、交通量、路面、車速、氣象、空氣吸收及噪音傳播等修正值，以及路側建築物反射、隔音牆及防音林減音效果，道路與預測地點距離衰減。
5. 交通噪音預測模式應用檢討，包括測試路面車輛噪音值與車速變化、不同路面材料及粗糙度影響、道路構造、車輛種類等對模式預測結果的影響及修正檢討。

3.3 選用噪音預測模式建立輸入資料

各國噪音預測模式處理方式有兩類，一類係建立每一種車輛本身（車種、引擎、輪胎）、運行狀況（車速、加減速或停止）、路面（材質、紋路粗糙度）、道路結構（高架、路堤、路塹）、路段（主線、隧道、交流道、收費站）、路形（直線、曲線）、坡度及預測點至道路距離、路邊反射物與隔音設施狀況等各種資料庫，預測時由使用者設定輸入資料，由電腦擷取預測條件數據，透過演算程序輸出噪音預測值及等噪音線圖，例如 SOUNDPLAN、CADNA-A、TNM；另一種則是收集交通資料（時段、車種、流量、車速）、路邊與預測點距離、路邊反射建築物或隔音裝置等相關資料，依預測模式公式或關係圖計算噪音預測值，例如 RLS-90、DIN18005、ASJ-1998 及國內經驗公式。

由於國內經驗公式係依當時測試條件推導出的關係式，因時空背景可能車輛本身、交通狀況、道路路況、環境特性的不同會造成預測結果產生甚大差異，如果只是調整常數項縮小實測值及預測值的差異則意義不大，本研究擬於高速公路進行噪音監測收集小時均能音量及小時交通資料，以 RLS-90（或 DIN18005）、ASJ 預測模式預測監測地點的噪音量，預測模式的輸入參數以實際蒐集到的資料為主，如交通量、車速、路面、道路至預測點的距離（RLS-90 及 DIN18005 為 25 公尺），其他如道路縱坡、道路至預測點間高程差值、反射物或隔音裝置高度、材質、厚度等資料如未能取得實際資料，將參照模式文獻提供的建議值。

3.4 推算國內車輛噪音值上下限

有鑑於 ASJ MODEL 1998 使用的車輛噪音值為日本研究推導之關係式，用於本地可能會因車型組合、道路狀況等因素而有不同，故本研究將蒐集國內 89 年至 95 年 3 月止各種車型原地及加速噪音審驗值，依汽油柴油所有車型噪音值平均數及標準差推算小型車及大型車噪音上下限值，以作為 ASJ MODEL 1998 預測值校估之參考，即因車輛噪音量與速限關係對預測結果影響最大，將參照國內車輛噪音上下限值，微調 ASJ MODEL 1998 有關車輛噪音關係式中的常數項及速度的係數。

3.5 國道一號交通噪音監測

為了確認前述道路交通預測方法與其結果與實際狀況的差異，須進行實測及驗證，本研將進行的交通噪音監測，初步擬訂測試方法如下：

1. 噪音計：符合國家標準 CNS 7129 規定之噪音計，預訂使用 RION NL-31。
2. 監測地點：選擇車輛可保持定速行駛的高速公路主線，最外側車道的中線向外 25 公尺處便於監測之地點。
3. 測定高度：原則監測點與道路路面齊高，若為路堤段，則選擇與路面等高的樓板，以避免因路面高於預測點而產成減音效果，麥克風高度在 1.2～1.5 公尺。
4. 監測時間：收集 1 小時均能音量。
5. 監測條件：無雨、無風（微風），路面乾燥。

3.7 驗證與校估

完成高速公路噪音監測及監測點的噪音預測後，除比較相同的輸入資料不同的噪音預測模式的預測結果之差異，並將各小時的預測值與實測小時均能音量比對，確認其差值是否在環保署認可之 $\pm 3\text{dB}$ 之內，分析各噪音預測模式演算式對預測結果的影響，試將提出各種高速公路噪音預測模式的適用性。

3.5 探討預測模式應用問題

藉由高速公路交通噪音的預測，瞭解國內本土資料應用國外噪音預測模式時，探討在輸入資料取得會面臨那些困難，而在設定參數時有那些因素會影響預測結果及其影響程度，以及國外現有交通量、車速、路面材質、道路坡度等修正建議值應用在國內高速公路是否合理，合適的修正範圍又是多少等。

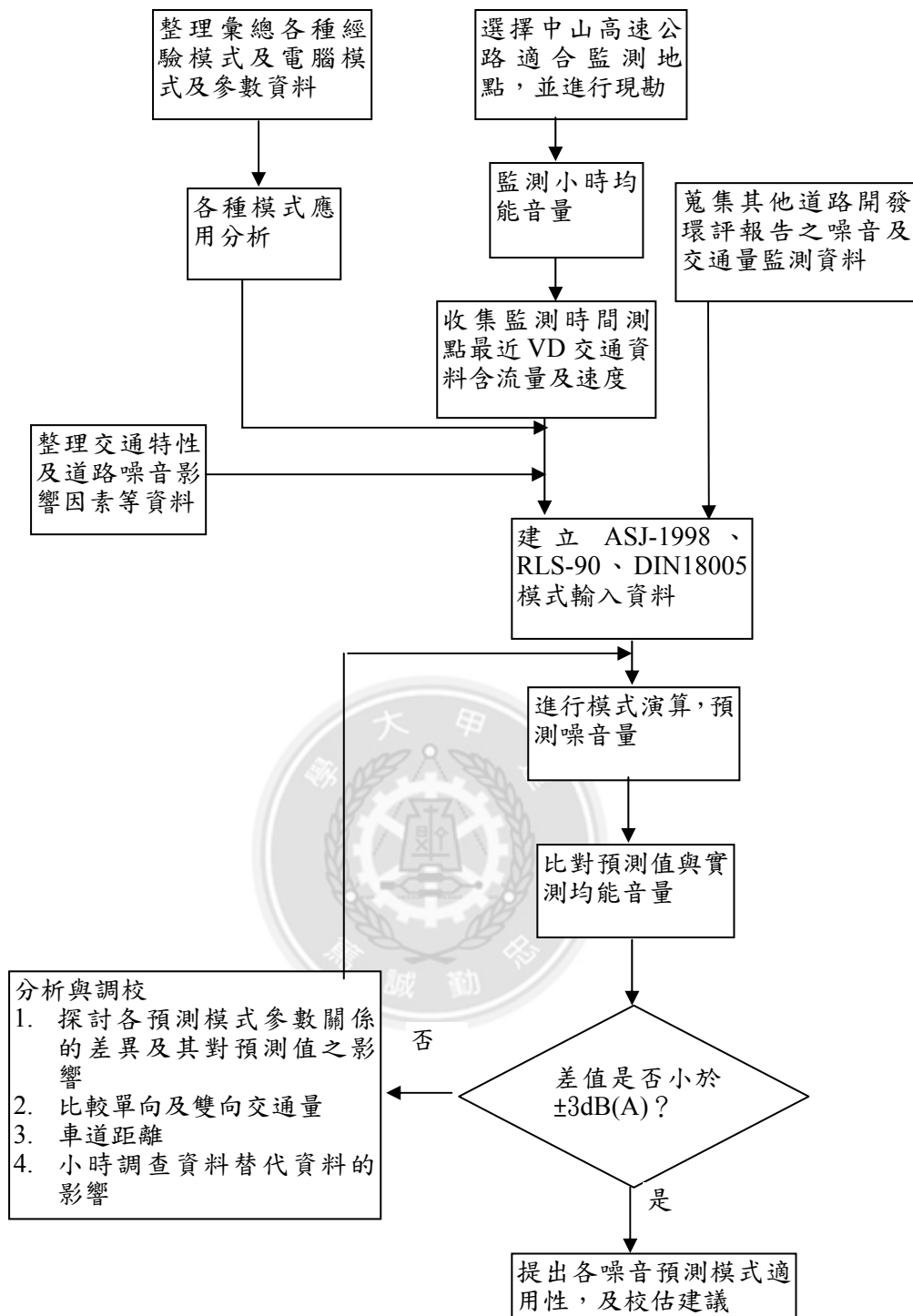


圖 3-1 研究流程

第四章 噪音預測模式

本研究之所以選擇 RLS-90、DIN18005、ASJ MODEL 1998 除因前兩者為 CADNA-A、SOUNDPLAN 電腦軟體演算法選項之一，應用相當廣泛外，這三個噪音預測模式文獻所載的運算式及各參數修正值完整且詳盡，易於計算預測及分析，以下各節敘述各噪音預測模式的內容。

4.1 RLS-90

RLS^[1981] 在目標及應用範圍乙節開宗明義提到道路噪音管制，預防措施屬計畫性，與交通、建築有關的，同時其間關係互為依存，其中包括計畫制訂的過程內。管制的順序如下：

1. 已列入管制區範圍內，應儘量避免噪音影響。
2. 若噪音不可避免地超過音量標準，則藉由道路建築的防音措施予以補救。
3. 未列入計畫內的道路，如需要減低噪音的建築設施，也應列入支出項目。

該準則乃針對噪音防制措施的可能性，以及噪音影響程度的判定及補救，此外

- 道路噪音管制規劃的意義，應加以宣導。
- 對於噪音管制措施實行的必要性，須提出例證。
- 噪音管制後對經濟方面的影響。
- 測量防音設施及裝置，以達最佳效果。

關於道路噪音管制的準則，應使其達到一致性要求，並將近 10 年來的經驗和研究成果列入，如交通噪音法計畫、DIN18005”城市規劃噪音管制”、以及 VDI2720”噪音防制”。

該準則內容除了目標及應用範圍、概念定義簡稱及象徵意義外，還包括道路規劃、交通管理措施、道路和建築物之工程技術措施、防音林等降低噪音影響的方法，以及評估範圍、放射級 $L_{m,E}$ 、聲音放射、隔音裝置、反射作用、隔音林效用、多重音源平均值及預測結果。

噪音預測須考量交通量、載重卡車所占比例、路面、車速、十字路口、交叉路口、路段的坡度，道路邊地區的噪音影響取決於距離及氣候狀況，該準則對地面的影響與道路潮濕方面未做進一步研究，夜晚逆溫對噪音的影響甚大，不宜預測；其化風向和溫度狀況，道路音源與預測地點的距離較大，因距離衰減噪音會降低。

1. 評估範圍

該準則評估的道路分為長且直及其他無隔音牆設施的道路，以及有隔音設施的道路。

- (1) 一道路屬於”長”的情況，路段長度至少是道路至受體距離 (S_{\perp}) 的 3 倍長， $l_1 \geq 3s_1$ 和 $l_2 \geq 3s_2$ ，如圖 4.1。
- (2) 一道路屬於”直”的情況，在平面圖中軸心位置，至於坡度則未考慮，如圖 4.2。
- (3) 音放射的條件須符合前二項道路的定義，且不受到阻礙。

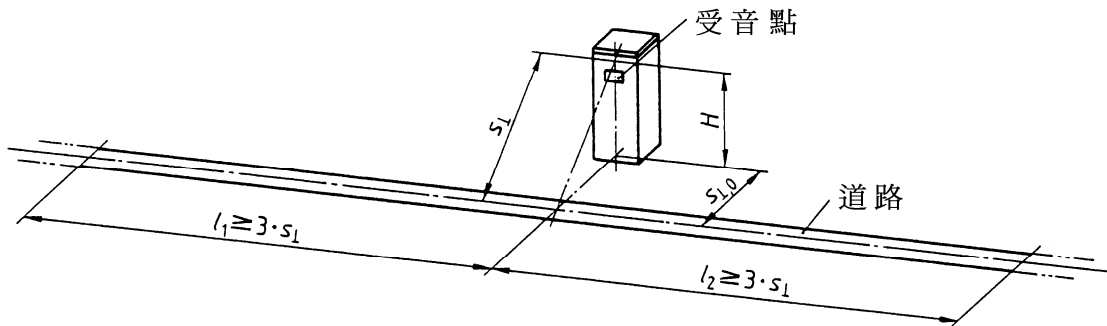


圖 4.1 “長”的道路評估範圍

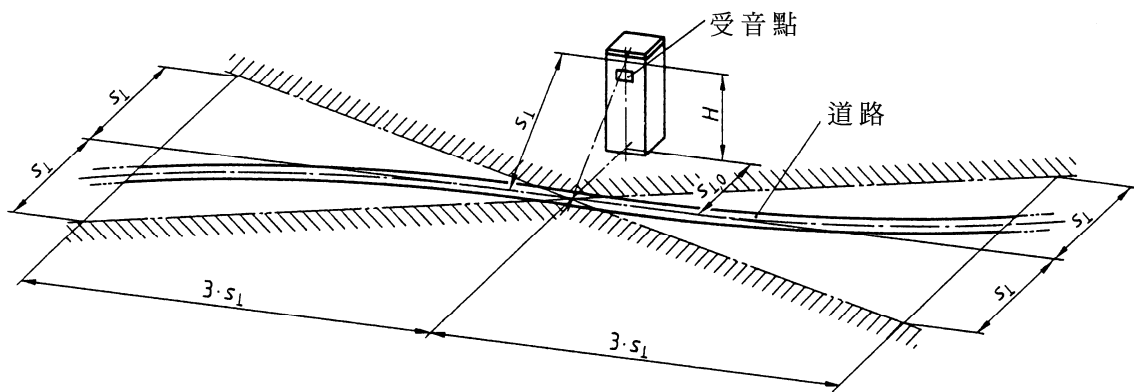


圖 4.2 “直”的道路評估範圍

至於有隔音設施的道路除前二項條件外，尚須延長道路 2 倍的附加長度 ds ，以符合 $2 \times 3 \times S_{\perp}$ 的標準。

2. 放射級 $L_{m,E}$

該準則對放射音的預測，分為日間 (6:00~22:00) 及夜間 (22:00~06:00) 計算式如下：

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_K + \Delta L_{Stg}$$

$$L_m^{(25)} = 36.8 + 10 \log [M \times (1 + 0.082P)]$$

$L_m^{(25)}$ ：在長且直道路距離 $S_{\perp(1)}$ 之平均值＝鄰近車道中央 25 公尺處，高度 4.0 公尺，道路表面無凹槽的瀝青路，最高速 100 km/h，音放射不受阻礙。其數值可由圖 4.3 或上式得知，依表 4-1 每小時標準交通量為 M ，載重卡車比例為 P 即

(1) 每小時交通量 M (輛/h)

(2) 平均載重卡車比例 P (總重在 2.8 噸以上) 占全部交通量百分比。

介於 6:00~22:00 或 22:00~6:00 時段，作為每年一天的平均值。

道路新建工程以及重要改變除外，主要以現行道路之交通量為主。

ΔL_{Sro} ：表 4.2 中不同路面的測試值，1990 年 RLS-90 修正車速高於每小時 50 公里之路面噪音修正值如表 4.2.1 所示。

ΔL_v ：圖 4.4 為不同最高車速之測試值。

ΔL_K ：表 4.3 中位於裝置燈號的十字路口所增加之影響，如位於受影響的十字路口有數個，僅以最近的十字路口為主。

ΔL_{Sfg} ：表 4.4 為坡度測試值。

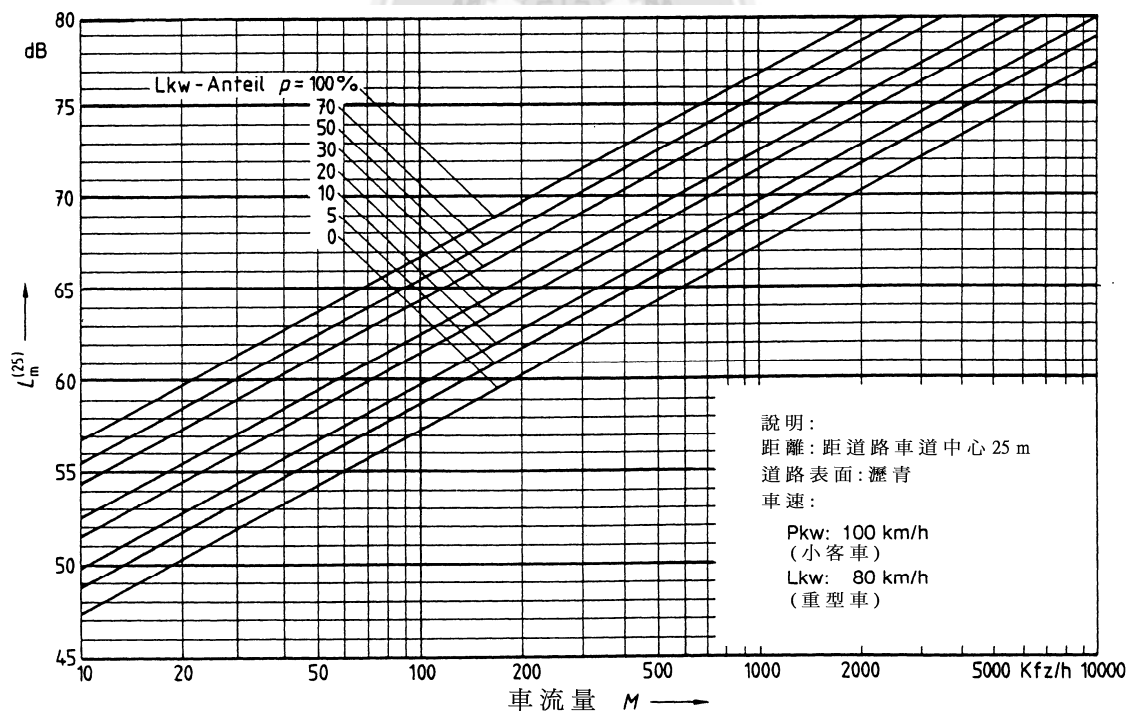


圖 4.3 道路噪音平均值 $L_m^{(25)}$ 與車流量關係圖

表 4.1 以日交通量推算小時交通量與重車比例

項號	道路交通	日間 (6:00~22:00)		夜間 (22:00~6:00)	
		M	p	M	p
1	聯邦車輛	0.06DTV	25	0.014	45
2	聯邦道路	0.06DTV	20	0.011	20
3	鄉村、縣、混合道路	0.06DTV	20	0.008	10
4	鄉鎮道路	0.06DTV	10	0.011	3

說明：M 表小時車流量（輛/小時）；p 表重車比例（%）。

表 4.2 不同路面修正參數

項號	路面材質	ΔL_{Stro} (dB)
1	混凝土	0
2	瀝青混凝土	-0.5
3	掃紋混凝土/軋壓瀝青	1.0
4	鋪石路面（平面）	2.0
5	補石路面（非平面）	4.0

表 4.2.1 車速大於每小時 50 公里不同路面修正參數^[1990]

項號	路面材質	ΔL_{Stro} (dB)
1	瀝青混凝土	0
2	掃紋混凝土	2
3	鋪石路面（平面）	3
4	補石路面（非平面）	6

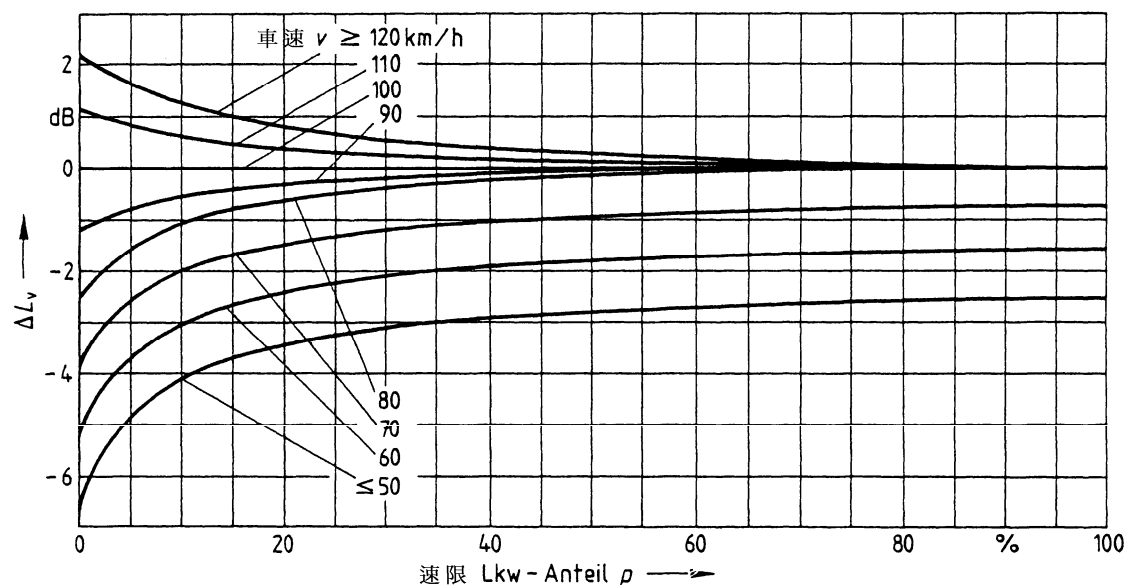


圖 4.4 不同車種最高車速修正值

表 4-3 設有號誌控制的十字路口修正值

項號	車輛剎車、起步到路口距離	ΔL_K (dB)
1	0~40m	3
2	40~70m	2
3	70~100m	1

表 4.4 道路坡度修正值

項號	坡度 (%)	ΔL_{Stg} (dB)
1	≤ 5	0
2	6	0.6
3	7	1.2
4	8	1.8
5	9	2.4
6	10	3.0
7	坡度每增加 1%	0.6

合併上二式

$$L_{m,E} = L_{PKW} + 10 \log [M \times (1 + k \times p)] + \Delta L_{Stro} + \Delta L_K + \Delta L_{Stg}$$

$$L_{PKW} = 27.2 + 10 \log \left[\frac{1}{(0.02 V_{PKW})^3} \right]$$

$$k = \frac{10^{[(L_{LKW} - L_{LKW})/0.1]} - 1}{100}$$

$$L_{LKW} = 22.6 + 12.5 \log V_{LKW}$$

M ：標準交通量，輛/小時

P ：總重在 2.8 噸以上之載重卡車

V_{PKW} ：客車最高速度 km/h (50~120 km/h)

V_{LKW} ：載重卡車最高速度 km/h (50~80 km/h)

上式 $L_{m,E}$ 值適用於 4、6 及 8 線道且有分隔島之道路，其距離計算自鄰近車道之中間。至於 2 或 3 線之道路，其 $L_{m,E}$ 值須增加 0.5 分貝，距離指道路中間。

3. 聲音放射

(1) 長且直道路

$$L_m = L_{m,E} + \Delta L_{s\perp} + \Delta L_B$$

$L_{m,E}$ ：放射音

$\Delta L_{s\perp}$ ：依圖 4.5 所示介於受體與道路（鄰近車道中間）的不同水平距離

$s_{\perp,0}$ ，以及不同高度 H ，當影響地區地勢較道路低（ $H < 0$ ），則會產生防護作用。

$$\Delta L_{s\perp} = 13.8 - 3.5X - \frac{X^2}{2}$$

$$X = \log(s_{\perp,0}^2 + H^2)$$

$s_{\perp,0}$ ：介於受影響地區與道路（鄰近車道中間）的水平距離

H ：影響地區距地面高度（鄰近車道中間之最近點）

ΔL_B ：具有影響效果的地勢及建築情況

$$\Delta L_B = -\Delta L_{LS} - \Delta L_{Geh} + \Delta L_{refl}$$

ΔL_{LS} ：經由隔音裝置（牆、圍牆、長排房屋或影響地區距地面高度 < 0 ）而產生減音效果

ΔL_{Geh} ：藉由隔音林產生減音效果

ΔL_{refl} ：經由反射作用產生噪音量增加， ΔL_{refl} 指在長形道路的多倍反射作用，由表 4.5 得知經由長排房屋、擋土牆或道路另一邊的牆壁，由於反射作用造成的噪音量增加。

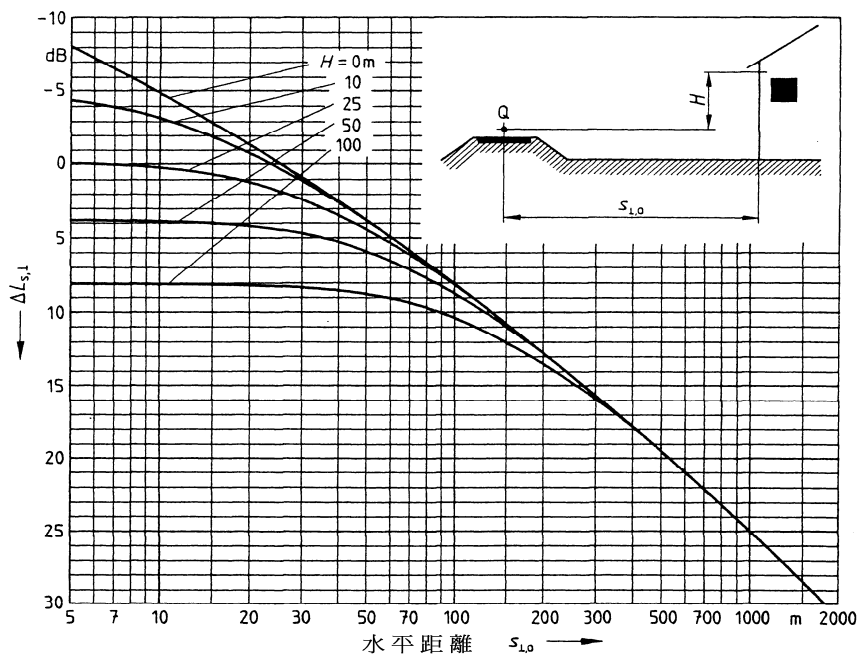


圖 4.5 受體與道路不同水平距離 $s_{\perp,0}$

表 4.5 道路兩側房屋或牆壁等反射作用修正值

項號	h/w	ΔL_{refl} (dB)
1	0.1	0
2	0.3	1
3	0.5	2
4	0.8	3
h：反射物平均高度 w：道路與兩側建築物的距離 可以內插法計算		

(2)道路路段

若道路不是長且直，或整條道路音放射條件不穩定，則該街或每線道應個別分類，在影響地區的每個路段產生的平均值，須個別估計，再計算其總音量。確定個別路段長度 l_i ，預測音量須符合下列條件

$$l_i \leq 0.7S_i$$

其中 S_i 為介於影響地區和路段 i 的中間距離 ($S_i = \sqrt{S_{i,0}^2 + H_i^2}$) 道路路段 i 的平均值為

$$L_{m,i} = L_{m,E,i} + \Delta L_{l,i} + \Delta L_{s,i} + \Delta L_{B,i}$$

$L_{m,E,i}$ ：道路路段 i 放射音。

$\Delta L_{l,i}$ ：依圖 4.6 之長度或下式

$$\Delta L_{l,i} = 10 \times \lg l_i, (l_i \text{ 之單位為 m})$$

$\Delta L_{s,i}$ ：依圖 4.7 的距離或下式 (單位為 dB 和 m)

$$\Delta L_{s,i} = 8.8 - 8.2X - \frac{X^2}{2} \text{ 以及 } X = \log(S_{i,0}^2 + H_i^2)$$

$S_{i,0}$ ：影響地區距道路路段 (鄰近車道中間) 中間之水平距離

H_i ：影響地區中間距離地面高

$\Delta L_{B,i}$ ：具有影響效果之地勢和建築

$$\Delta L_{B,i} = -\Delta L_{LS,i} - \Delta L_{Geh,i} + \Delta L_{refl,i}$$

$\Delta L_{LS,i}$ ：藉由隔音裝置產生之減音效果

$\Delta L_{Geh,i}$ ：藉由防音林產生之減音效果

$\Delta L_{refl,i}$ ：藉由反射至道路另一邊之長排房屋、擋土牆或圍牆而產生之

噪音增量

如果道路只有一半符合長且直的情況，則自截面左或右方垂直於道路軸心

$$L_{m, \text{道路的一半}} = L_m - 3$$

若道路路段的扇形範圍始終偏離影響地區，則 $S_i \geq 3 \cdot S_n$ 以及 $H \leq S_n \cdot 0/3$ 則

$$L_{m,i} = L_{m,E} + \Delta L_{Sn} - 5.5$$

$$\Delta L_{Sn} : \Delta L_{n,0} = 13.8 - 3.5X - \frac{X^2}{2}$$

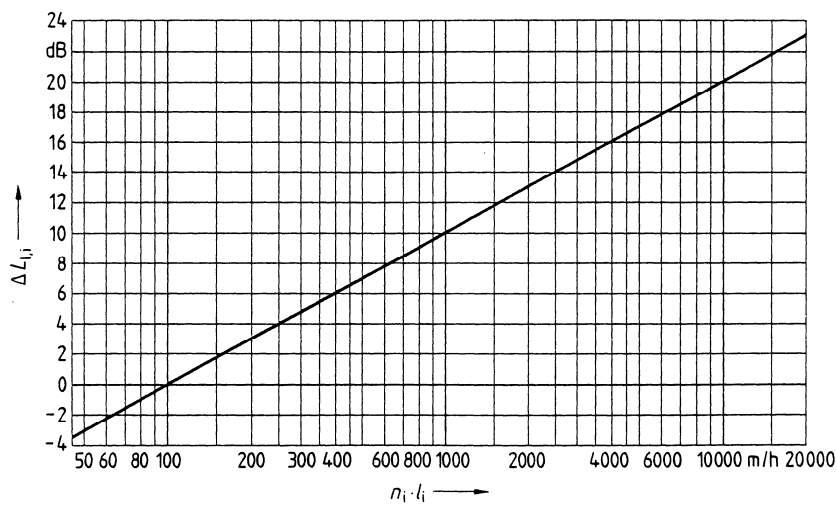


圖 4-6 道路路段長度修正值

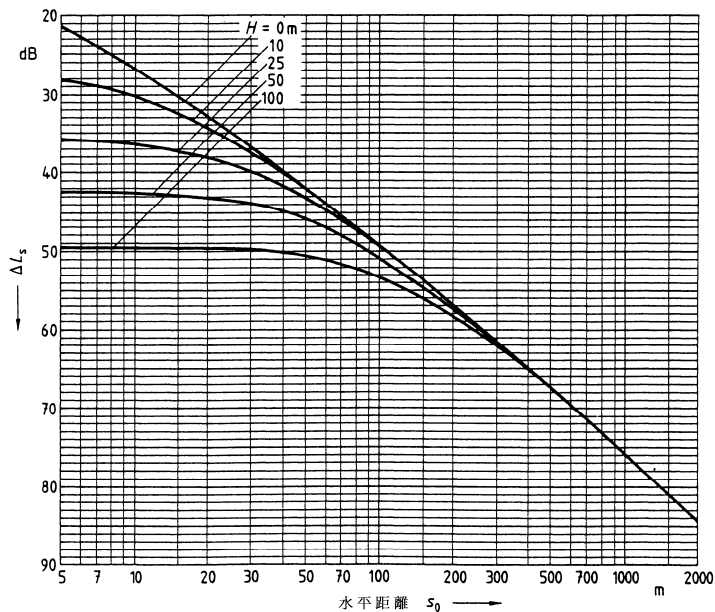


圖 4-7 影響地區距道路路段距離修正值

4. 防音林效果

通常穿過植被之長音放射可產生明顯的噪音量減低，濃密的森林配合低矮的灌木叢，可讓音反射減低，道路路段每 100 公尺林深可降低 5 分貝，在長且直道路每 100 公尺林深可減低 6 分貝，若防音林距道路或受影響地區 50 公尺最高可減低 10 分貝。

5. 多重音源平均值

道路邊地區若有多重音源（道路、支線、反射音源等）其總平均值 L_m 由個別噪音量 $L_{m,i}$ 加總而得。

$$L_m = 10 \log \sum_i 10^{0.1 L_{m,i}}$$

4.2 DIN 18005

德國 DIN 18005^[1987] 主要是規劃城市減音及預測方法，DIN 18005 也是 RLS-90 參照的技術規範之一，故兩者所用模式及參數名稱一致，該標準使用的噪音評估指標為 A 加權之均能音量（ L_{eq} ），夜間音量加成的時段定為該日 22 時至翌日 6 時前，而且噪音影響時間增加一倍或減半，其均能音量分別加減 3 分貝；道路與鐵路車流量增加一倍或減半，其均能音量加減 3 分貝。

為求評估準確，道路噪音源須予以分割至線（面）音源的長 l 等於或小於受音點至音源中心的距離（ s ）的 0.7 倍，如圖 4.8 所示，線音源的距離衰減式如下：

$$L_w = L_{w'} + 10 \log \left(\frac{t}{t_0} \right) dB, t_0 = 1m$$

面音源的距離衰減公式如下：

$$L_w = L_{w'} + 10 \log \left(\frac{\zeta}{\zeta_0} \right) dB, \zeta_0 = 1m^2$$

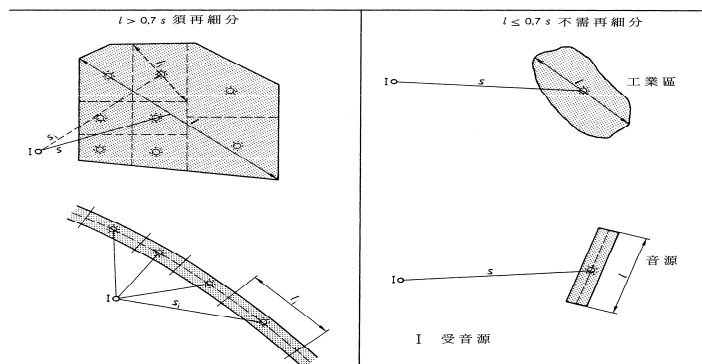


圖 4.8 噪音源評估範圍的分割

1. 道路交通噪音放射音推算公式如下：

$$L_{W'} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_{Stg} + 17.6 \text{ dB}$$

$L_m^{(25)}$ ：在長且直道路距離 $S_{\perp(l)}$ 之平均值＝鄰近車道中央 25 公尺處，高度 4.0 公尺，道路表面無凹槽的瀝青路，最高速 100 km/h，音放射不受阻礙。其數值可由圖 4.9 或下式求得，

$$L_m^{(25)} = [37.3 + 10 \log[M(1 + 0.082p)]] \text{ dB}$$

依表 4.6 每小時標準交通量為 M ，載重卡車比例為 P 即

(1) 每小時交通量 M (輛/h)

(2) 平均載重卡車比例 P (總重在 2.8 噸以上) 占全部交通量百分比。

介於 6:00~22:00 或 22:00~6:00 時段，作為每年一天的平均值。

道路新建工程以及重要改變除外，主要以現行道路之交通量為主。

ΔL_{Stro} ：表 4.7 中不同路面的修正值

ΔL_v ：圖 4.10 為不同最高車速之修正值

$$\Delta L_v \cong (23 - 3.5\sqrt{p} + 0.2p) \cdot (\log v - 2) \text{ dB}$$

ΔL_{Stg} ：表 4.8 為坡度修正值

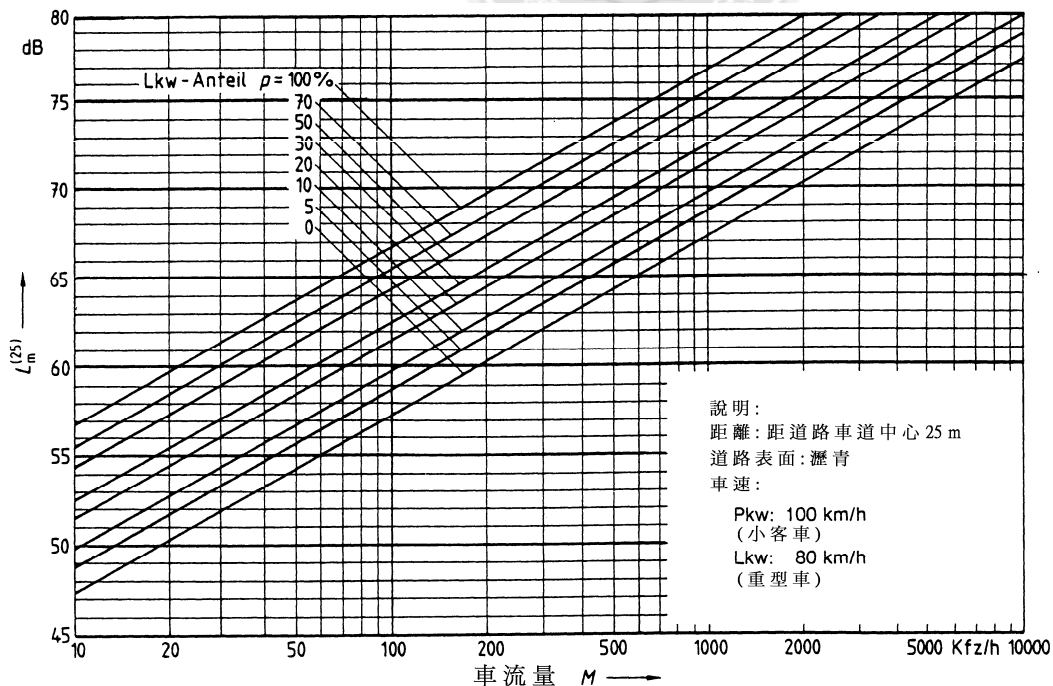


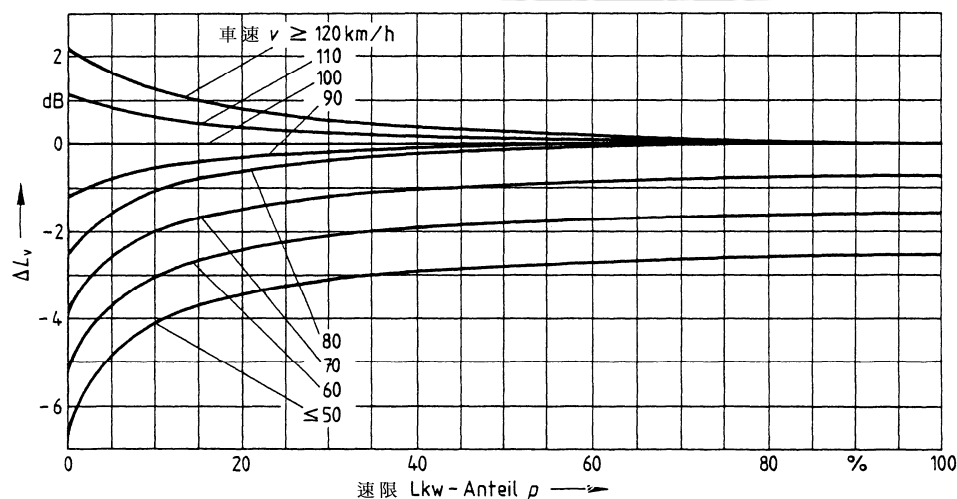
圖 4.9 $L_m^{(25)}$ 與車流量的關係

表 4.6 每小時車流量(M)及大車所佔比例(P)修正值

項號	道路種類	日間(6:00~22:00)		夜間(22:00~6:00)	
		M(輛/h)	P(%)	M(輛/h)	P(%)
1	聯邦電車	0.06DTV	25	0.014DTV	45
2	聯邦道路	0.06DTV	20	0.011 DTV	20
3	鄉村、縣及混合區	0.06DTV	20	0.008 DTV	10
4	鄉鎮道路	0.06DTV	10	0.011 DTV	3

表 4.7 ΔL_{Str0} 路面修正值

項號	路面種類	ΔL_{Str0} dB
1	水泥鋪面	0
2	瀝清混凝土	-0.5
3	軋壓波紋瀝清混凝土	+1.0
4	鋪石路面(平面)	+2.0
5	鋪石路面(非平面)	+4.0

圖 4.10 速率修正值 (ΔL_v) 與速率關係圖表 4.8 路面坡度 ΔL_{Stg} 修正值

項號	坡度%	ΔL_{Stg} dB
1	≤ 5	0
2	6	0.6
3	7	1.2
4	8	1.8
5	9	2.4
6	10	3.0
7	坡度每增加 1%	0.6

2. 個別音源

道路上個別音源的放射音 (L_r) 計算公式如下：

$$L_r = L_w - \Delta L_S - \Delta L_Z - \Delta L_G + \Delta L_K$$

L_w ：單一音源的聲功率位準

ΔL_S ：點音源與預測點間距離修正值，可由圖 4.11.1 及圖 4.11.2 查得或下式求得

$$\Delta L_S = \left(8.8 + 8.2x + \frac{x^2}{x} \right) dB$$

$$x = \log(S_0^2 + H^2)$$

S_0 ：垂直距離

H ：受音點的高度

路堤路段：受音點低於路面會產生附加的屏障作用

$$\Delta L_{s,\perp} = \left(-13.8 + 3.5x + \frac{x^2}{2} \right) dB$$

$$x = \log\left(\frac{s_{\perp,0}^2 + H^2}{m^2}\right)$$

$s_{0,\perp}$ ：音源至受音點的距離

H ：音源高度與受音點高度差

ΔL_Z ：點音源與預測點之間建築物修正值

ΔL_G ：隔音林減音效果修正值

ΔL_K ：十字路口的噪音加成量，如表 4.9

$$L_r = 10 \log \left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{r,i}} \right) dB$$



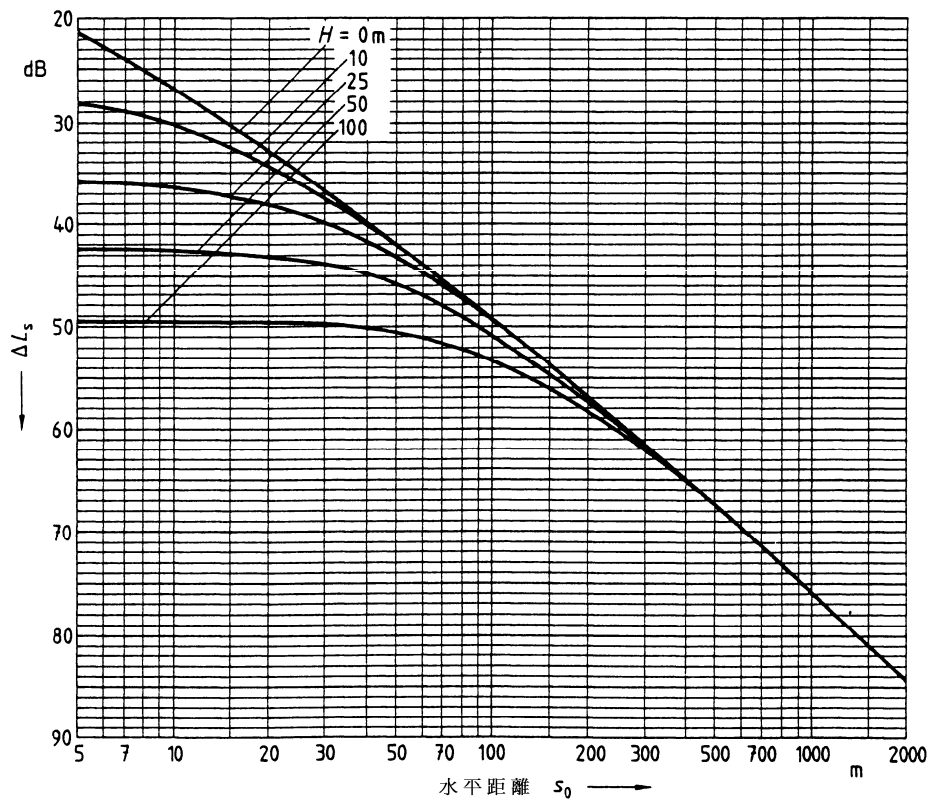
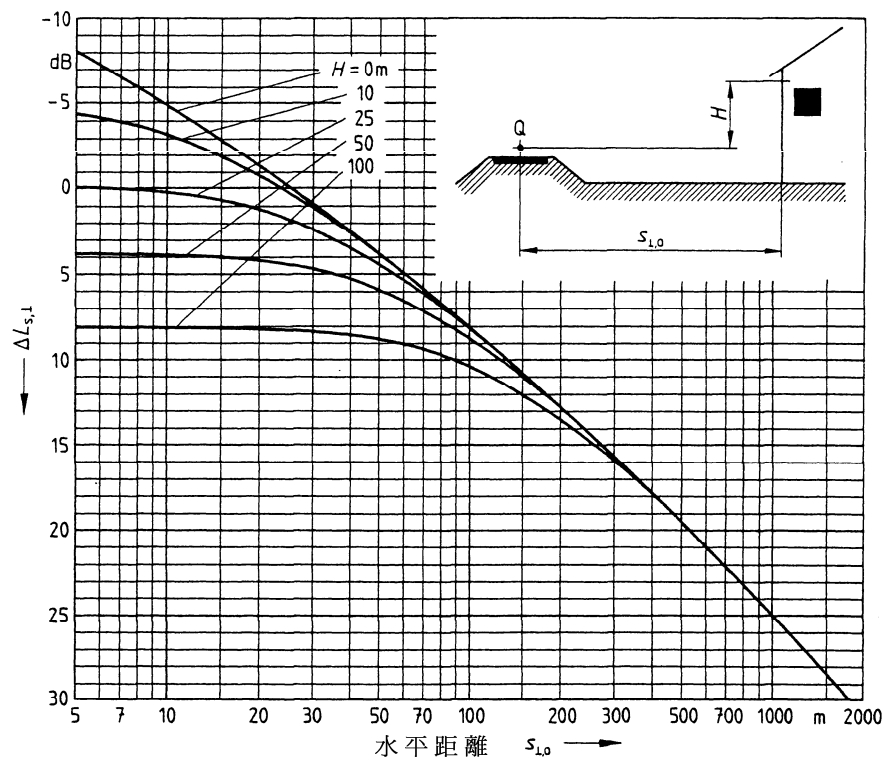
圖 4.11.1 點音源與預測點距離與修正值 ΔL_s 關係圖圖 4.11.2 點音源與預測點距離與修正值 ΔL_s 關係圖（路堤段）

表 4.9 十字路口的噪音修正值 ΔL_K

項號	十字路口軸線交叉點與車道距離	ΔL_K dB
1	0~40m	3
2	>40m；<70m	2
3	>70m；<100m	1

3. 多個音源

多個音源的音量可由個別音源音量相加，圖 4.12 為 2 個音源音量相加速算表，將兩音源音量的差值，比對上面數值，對應到下面的數值，將該數值加到較高的音量值，多個音源可逐筆加總。

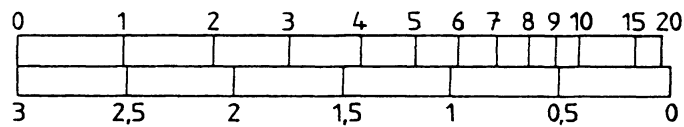


圖 4.12 2 個噪音源的加成交量

4. 隔音林的減音效果

若音源與受音點間有樹林時，須注意以下事項：

- (1) 低矮植被不須考慮。
- (2) 距離道路或受音 50 公尺內的樹叢，若為點源每 100 公尺降低 5 分貝；若為長且直的道路，每 100 公尺降低 6 分貝，二者皆有時，最多可降低 10 分貝。
- (3) ΔL_G 約等於 $0.1 \times D \times S_G$ ，其中 S_G 為音源至受音點總距離，建築物距離音源或受音點 50 公尺以內。
- (4) ΔL_G 設為 10，若同時受到樹叢及建築物屏障遮音時，最高可減低 10 分貝。

5. 道路噪音計算方法

若以長且直的道路為例，其日間（6:00~22:00）及夜間（22:00~6:00）的噪音量計算公式如下

$$L_r = L_{m,E} - \Delta L_{s,\perp} + \Delta L_K$$

$$L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{stro} + \Delta L_v + \Delta L_{stg}$$

$L_{m,E}$ ：放射音量

ΔL_k ：十字路口加成音量，詳表 4.9

$\Delta L_{s,\perp}$ ：音源與受音點距離修正值，高度為 H ，如圖 4.13

$$\Delta L_{s,\perp} = \left(-13.8 + 3.5x + \frac{x^2}{2} \right) dB$$

$$x = \log \left(\frac{s_{\perp,0}^2 + H^2}{m^2} \right)$$

$L_m^{(25)}$ ：距離音源 25 公尺量測之均能音量，詳圖 4.9

ΔL_{Str0} ：路面修正值，詳表 4.7

ΔL_r ：最高速限修正值，詳圖 4.10

ΔL_{Stg} ：坡度的加成音量，詳表 4.8

道路兩側建築物反射加成音量 ΔL_{refl} ，如表 4.10，

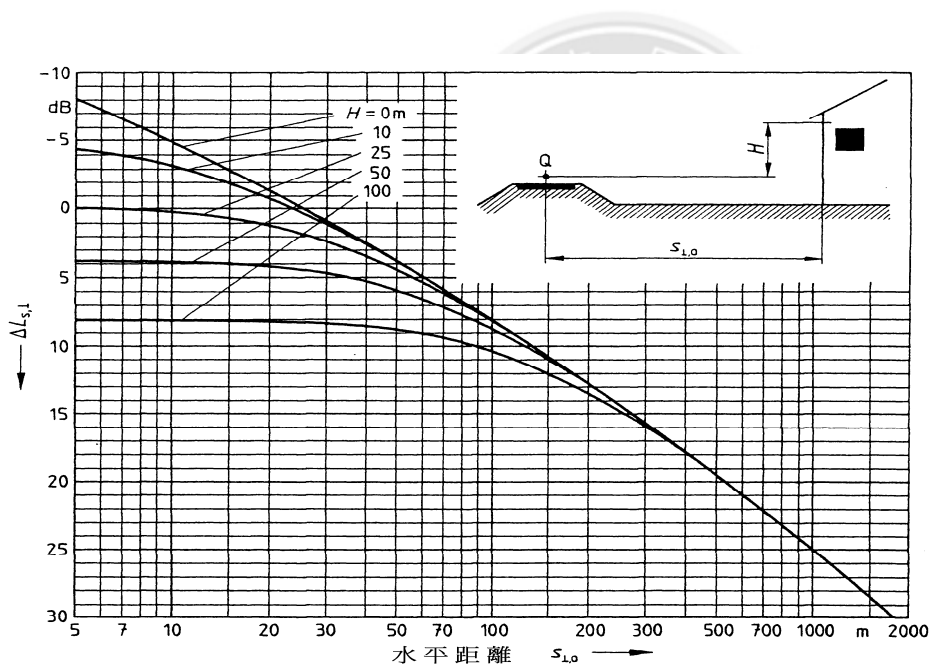


圖 4.13 道路與建築物水平距離及修正值 $\Delta S_{\perp,0}$

表 4.10 多重反射加成音量

項號	h/w	$\Delta L_{refl} dB$
1	0.1	0
2	0.3	1
3	0.5	2
4	0.8	3

h ：平均高度； w ：兩側建築物面之平均距離

道路的類型及周邊分布噪音影響也有不同，若延長道路路段長度 $S_f \geq 3S_n$ 且 $H \leq S_{n,0}/3$ ，如圖 4.14，此時依上式求出之音量須再減 5.5 分貝，即 $L_{r,i} = L_{r,s} - 5.5\text{dB}$ 。

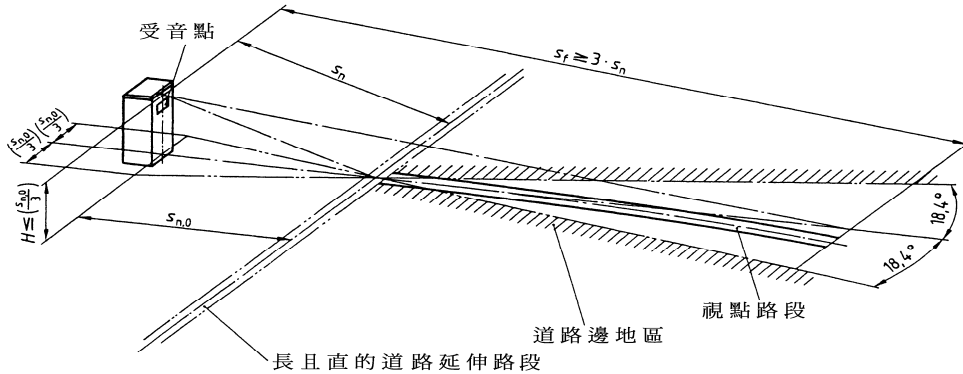


圖 4.14 道路與障礙物反射效果示意圖

4.3 ASJ MODEL 1998

日本自 1975 年首次發表以中央值 (L_{50}) 預測噪音位準的方法 (ASJ Model 1975)，及至 1985 年順應國際慣例，將環境噪音評估指標改為 A 加權的均能音量 (L_{Aeq})，在 1993 年發表道路交通預測方法並在 1998 年修正。該預測模式適用的範圍如下：

1. 預測對象：道路平面、路塹、路堤、高架等一般路段，及交流道、隧道周邊、高架／平面道路並設的路段、複層高架等特殊路段。
2. 預測之交通量的限制：無。
3. 預測的車輛行駛速度：汽車專用道路及一般道路穩定地行駛的速率每小時自 40 至 140 公里；一般道路非穩定地行駛速率每小時自 10 至 60 公里；交流道上的加減速、停止速率自每小時 0 至 80 公里。
4. 預測範圍：道路水平距離 200 公尺，高 12 公尺的範圍。
5. 氣象條件：只要無風、無高溫狀況即可。

該模式主要係預測汽車行駛的道路上到預測地點之音壓的時間變化，車輛主要噪音源有引擎及排氣系射的噪音（引擎排氣）及輪胎與路面相互作用發出的噪音，以及汽車行駛在高架道路上，因高架構造物橋面的加振力；模式將汽車型式分為 4 車種及 2 車種，汽車行駛狀態則分為定速行駛狀態及非定速行駛狀態，後者指在一般道路行駛、交流道加減速、停止等狀態；路面依材料種類及徑密度分為瀝青混凝土、吸音性瀝青混凝土，前者為一般鋪裝，後者屬於排水性鋪裝。

小時均能音量的預測模式係由每小時 N 部車輛的均能音量由個別車輛行駛的曝露位準 (SEL) 計算而得，公式如下：

$$L_{peq} = 10 \log \left[10^{\frac{L_{PE}}{10}} \times \frac{N}{3600} \right] = L_{PE} + 10 \log N - 35.6$$

L_{peq} ：1 小時均能音量

L_{PE} ：1 輛車行駛的音壓曝露位準

N ：每小時的交流量

1. ASJ 計算流程

日本 ASJ 噪音預測模式的計算基本流程包括如下：

- (1) 設定道路構造及沿線條件，包括預測道路、沿線的地形、地上物等之條件。
- (2) 設定預測地點。
- (3) 設定計算車道的位置、離散音源點（含車道別）。
- (4) 計算各離散音源點與預測地點間的噪音傳播。
- (5) 輸入預測模式各項參數值：車道別、車種、車道別行駛速率、路面條件、車種別的音壓位準或頻譜。
- (6) 依車道別、車種別進行音壓位準積分。
- (7) 計算各車種均能音量 (L_{Aeq})，包括車道別、車種別交通流量、大型車混入率。
- (8) 輸入高架構造物噪音修正值。
- (9) 計算全車道的均能音量 (L_{Aeq})。

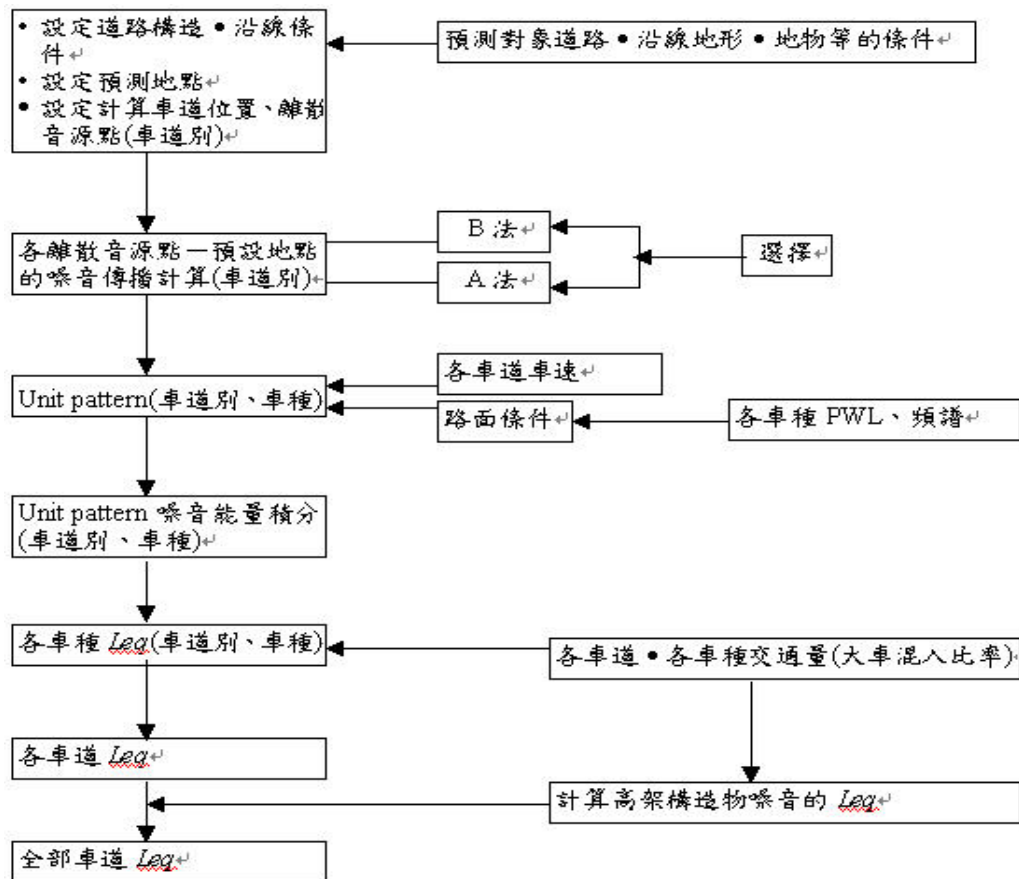


圖 4.15 ASJ 噪音預測流程

上述流程的預測範圍係指預測地點垂直線至車道中心線的交點距離 $\pm 20l$ ，其中 l 表自車道中心線至預測地點短距離，請詳圖 4.16；小時均能音量(L_{Aeq})是由每一輛行駛過預測範圍的車輛噪音能量變化的積分值加成量，每一輛車的能量積分值如圖 4.17 的 Unit Pattern (ユニットバタタン)。

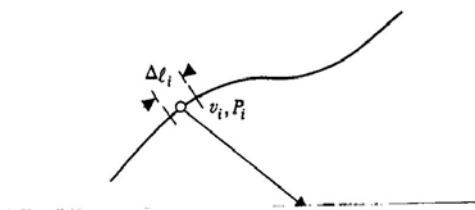
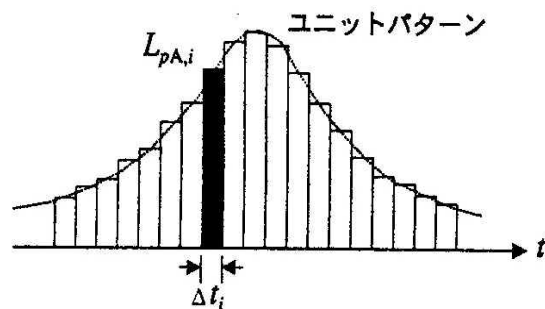


圖 4.16 曲線道路點音源預測地點

圖 4.17 L_{Aeq} 之 UNIT PATTERN

2. 汽車行駛的聲功率位準 (PWL)

每一輛汽車不同的噪音值取決於車輛的種類，引擎族的差異是最主要因

素，至於行駛速度變化也是影響車輛噪音的主因，ASJ 將車輛種類依排氣量及車輛總重區分為 4 種及 2 種，表 4.11 是 4 種分類的內容，預測的速度範圍為 10 km/h~140 km/h。

表 4.11 ASJ 車輛種類一覽表

車種分類	汽車種別	參考
大型車	大型貨車（車輛總重 8 噸以上，最大積載重 5 噸以上） 大型巴士（乘員定額 30 人以上） 大型特殊汽車	大型貨車，須裝速度表示燈者，大部分為 3 軸車
中型車	貨車（排氣量超過 2000cc，大型車除外） 中型巴士（乘員 10~29 人）	大部分為雙軸車
小型貨車	貨車（排氣量 50cc 以上，2000cc 以下）	不含休旅車
小客車	小客車（乘員 10 人以下）	包含休旅車

車輛行駛在專用道路（如高、快速公路）可保持定速，一般道路則因交叉路口號誌管制的停等，使得車輛行駛速率在非穩定的變化下，ASJ 將這兩種情形分為 A 與 B 兩種速率關係式，表 4.12 及表 4.13 為 4 種分類及 2 種分類的噪音值。

表 4.12 車種 4 分類之 A、B 兩種速率關係式的噪音值

車種分類	A $LWA = A + 10\log V$ ($10\text{km/h} \leq V \leq 60\text{km/h}$)	B $LWA = B + 30\log V$ ($40\text{km/h} \leq V \leq 140\text{km/h}$)
大型車	90.0	54.4
中型車	87.1	51.5
小型貨車	83.2	47.6
小客車	82.0	46.4

表 4.13 車種 2 分類之 A、B 兩種速率關係式的噪音值

車種分類	A $LWA = A + 10\log V$ ($10\text{km/h} \leq V \leq 60\text{km/h}$)	B $LWA = B + 30\log V$ ($40\text{km/h} \leq V \leq 140\text{km/h}$)
大型車 (大型車+中型車)	88.8	53.2
小型車 (小型貨車+小客車)	82.3	46.7

如果要考量在 A 加權的各頻帶的變化量，可由下式計算得到，表 4.14 為全

頻帶及 1/3 頻帶的修正值簡表：

$$L_{WA,i} = L_{WA} + \Delta L_i + \Delta L_{A-weight,i} + \Delta L_{adj}$$

$L_{WA,i}$ ：第 i 個頻帶的 A 加權音壓位準 (dB)

ΔL_i ：第 i 個頻帶相對應的位準 (dB)

$\Delta L_{A-weight,i}$ ：第 i 個頻帶 A 加權修正值 (dB)

$$\Delta L_{adj} = -10 \log \sum_{i=1}^{10} 10^{\frac{(\Delta L_i + \Delta L_{A-weight,i})}{10}}$$

表 4.14 A 加權 1/1Octave 修正值

速度區分	1/1Octave	1/3Octave
其他	-3.7	-8.4
$V < 80 \text{ km/h}$	-3.6	-8.4
$V \geq 80 \text{ km/h}$	-3.9	-8.6

日本曾針對 4 個車種的車輛進行定速及非定速行駛狀態下測試，在一般道路 1,694 輛大型車、1,250 輛中型車、450 輛小型貨車、997 輛小客車（共計 4,661 輛）進行測試，在專用道路 1,311 輛大型車、1,034 輛中型車、285 輛小型貨車、2,152 輛小客車（共計 4,782 輛）進行測試，得到圖 4.18 不同車型與行駛速率的關係式。

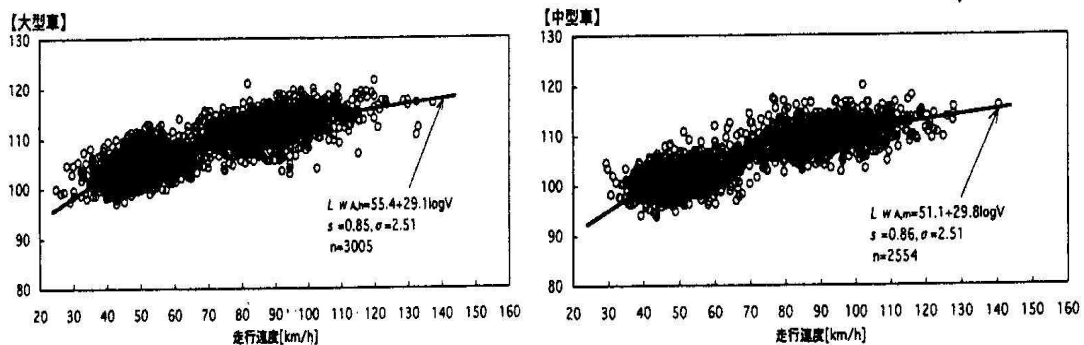


圖 4.18a 大型車行駛速率與噪音關係 圖 4.18b 中型車行駛速率與噪音關係

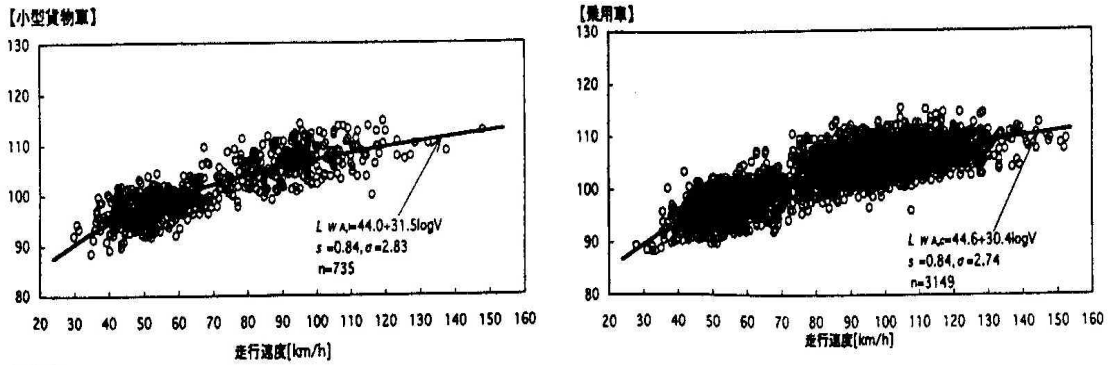


圖 4.18c 小貨車行駛速率與噪音關係 圖 4.18d 小客車行駛速率與噪音關係

3. 傳播計算方法（A 法、B 法）

道路交通噪音傳播計算方法分為 A 法（精密計算方法）及 B 法（簡易計算方法），A 法是基於波動音響理論，計算聲波波動的週期性位相音壓的變化，B 法是依幾何音響計算方法以實驗或經驗取得車輛 PWL 值、反射效果及地面效果的修正值。

A 法的 Unit Pattern 計算考量到路面上點音源到預測點的各種傳播的音壓變化，這種音壓 L_p 是指半自由空間的幾何擴散，及因距離產生的音量衰減特性，其基本式如下：

$$L_p = 10 \log \left(\frac{|p_g|^2}{P_g^2} \cdot \frac{|p|^2}{|p_g|^2} \right) = L_w - 10 \log(2\pi \cdot R^2) + 10 \log \left| \frac{\phi}{\phi_g} \right|^2$$

L_p ：音壓位準（dB）

$P_0 = 20 \mu P_a$ （基準音壓）

L_w ：聲功率位準（dB）

ϕ ：相關複素音壓

依道路上任意音源及預測地點間的幾何學配置， ϕ 及 ϕ_g 用 Unit Pattern 構成的 A 加權音壓位準 L_{pA} 如下：

$$L_{pA} = 10 \log \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{pA,i}}{10}}$$

$$L_{pA,i} = L_{WA,i} - 8 - 20 \log R + 10 \log \left| \frac{\phi_i}{\phi_{g,i}} \right|^2$$

$L_{pA,i}$ ：第 i 頻帶 A 加權音壓位準（dB）

$L_{WA,i}$ ：第 i 頻帶 A 加權聲功率位準 (dB)

ϕ_i ：第 i 頻帶相對複素音壓

$\phi_{g,i}$ ：第 i 頻帶幾何擴散的相對複素音壓

音的傳播及反射關係如圖 4.19 所示，地面及反射的音場基本式以及相對複素音壓如下：

$$\phi = \sum_{j=1}^6 \phi_j$$

$$\phi_1 = D_1 \cdot \frac{e^{ikR_1}}{R_1} ; \quad \phi_2 = Q_g \cdot D_2 \cdot \frac{e^{ikR_2}}{R_2} ; \quad \phi_3 = Q_{bs} \cdot D_3 \cdot \frac{e^{ikR_3}}{R_3}$$

$$\phi_4 = Q_{bs} \cdot Q_g \cdot D_4 \cdot \frac{e^{ikR_4}}{R_4} ; \quad \phi_5 = Q_{bp} \cdot D_5 \cdot \frac{e^{ikR_5}}{R_5} ; \quad \phi_6 = Q_{bp} \cdot Q_g \cdot D_6 \cdot \frac{e^{ikR_6}}{R_6}$$

Q ：表面複數音壓反射係數

D ：繞射係數

R ：聲音的傳播距離

$$D(\theta, R_d, R_g) = \begin{cases} 0 & \theta \geq 3\pi \\ \frac{e^{-i\pi/4}}{\sqrt{\pi}} \cos\left(\frac{\pi - \theta}{4}\right) F(\tau) & 3\pi > \theta \geq \pi \\ 1 - \frac{e^{-i\pi/4}}{\sqrt{\pi}} \cos^2\left(\frac{\pi - \theta}{4}\right) F(\tau) \cdot \frac{R_g}{R_d} e^{ik(R_d - R_g)} & \pi > \theta \geq 0 \end{cases}$$

$$\tau = \frac{k(R_d^2 - R_g^2)}{2R_d}$$

$$F(x) = e^{-ix} \int_{\sqrt{x}}^{\infty} e^{it^2} dt$$

$$Q_g = V + (1 + V) \frac{2b(1 + \beta \cos \theta)}{(\cos \theta + \beta^2)} \cdot G(\sqrt{ikR_2 b}), \quad -\frac{\pi}{4} < \arg(\sqrt{ikR_2 b}) < \frac{3}{4}\pi$$

$$V = \frac{\cos \theta - \beta}{\cos \theta + \beta}$$

$$b = 1 + \beta \cos \theta - \sqrt{1 - \beta^2} \sin \theta, \quad \text{Real}(\sqrt{1 - \beta^2}) > 0$$

$$G(z) = 1 + i\sqrt{\pi}zw(z)$$

$$w(z) = e^{-z^2} \left(1 + \frac{2i}{\sqrt{\pi}} \int_0^z e^{t^2} dt \right)$$

k ：波長常數， $k=2\pi f/c$ （ c 為音速， f 為頻率）

$w(z)$ ：誤差關係式

$$\beta：地表面與聲音比值，\frac{1}{\beta} = 1 + 5.50 \left(\frac{\sigma_e}{f} \right)^{0.632} + i8.43 \left(\frac{\sigma_e}{f} \right)^{0.632}$$

σ_e ：實效的聲波流動的抗力（ $\text{kPa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^{-2}$ ）

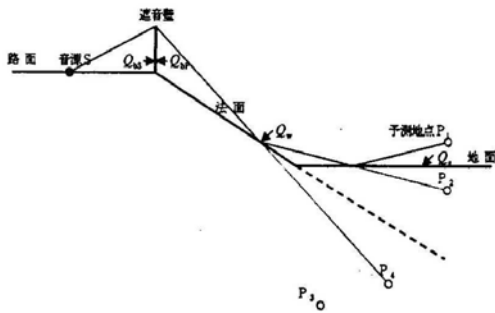


圖 4.19 音的傳播及反射

B 法的計算方法係以 1 輛車行駛在道路上觀測到的 A 加權音壓位準 L_{pA} ，具無方向性點音源在半自由空間的傳播方式：

$$L_{pA} = L_{WA} - 8 - 20 \log r + \Delta L_d + \Delta L_g$$

L_{pA} ：A 加權音壓（dB）

L_{WA} ：車輛行駛的 A 加權聲功率（dB）

r ：音源到預測點的距離（m）

ΔL_d ：繞射效果修正值（dB）

ΔL_g ：地表面效果修正值（dB）

$$\Delta L_d = \begin{cases} -20 - 10 \log \delta & \delta \geq 1 \\ -5 \pm \frac{-15}{\ln(1 + \sqrt{2})} \cdot \sinh^{-1}(|\delta|^{0.414}) & -0.0537 \leq \delta < 1 \\ 0 & \delta < -0.0537 \end{cases}$$

$$\sinh^{-1} x = \ln \left(x + (x^2 + 1)^{1/2} \right)$$

$$\Delta L_g = \sum_{i=1}^n \Delta L_{g,i}$$

$$\Delta L_{g,i} = \begin{cases} -K_i \log\left(\frac{r_i}{r_{0,i}}\right) & r_i \geq r_{0,i} \\ 0 & r_i < r_{0,i} \end{cases}$$

$\Delta L_{g,i}$ ：第 i 頻帶的地表面效果修正值 (dB)

K_i ：第 i 頻帶的地表面上超過衰減係數 (dB)

r_i ：第 i 頻帶地表面上傳播距離 (m)

$r_{0,i}$ ：第 i 頻帶地表面上超過衰減開始至結束的距離 (m)

$\sigma = 20,000$ 的地面 (水泥或瀝青路面)， $\Delta L_g = 0$

4. 排水性路面修正值

排水性路面的噪音修正公式如下：

$$L_{WA,dr} = L_{WA} + \Delta L_{WA,dr}$$

$L_{WA,dr}$ ：排水性路面的音壓位準 (dB)

L_{WA} ：一般路面的音壓位準 (dB)

$\Delta L_{WA,dr}$ ：一般路面對應排水性路面的音壓位準修正值 (dB)

$$\Delta L_{WA,dr} = -3.5 \log V + 3.2$$

V ：平均行駛速率 (km/h)；小型車 40~140 km/h；大型車 40~120 km/h

圖 4.20 是路面施工後 1 年的數據推導出的修正值，A 法（精密計算方法）的排水性路面修正值 (ΔL_i) 如圖 4.21 所示；B 法（簡易計算方法）將繞射效果及地面修正值都考慮進去時，修正值如圖 4.22 所示；圖 4.23 為排水性路面鋪設後，逐年修正值變化。

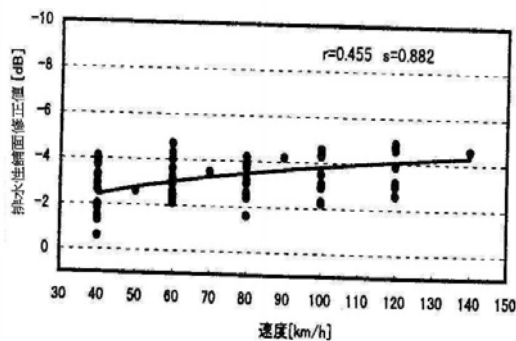


圖 4.20 排水性路面 PWL 修正值

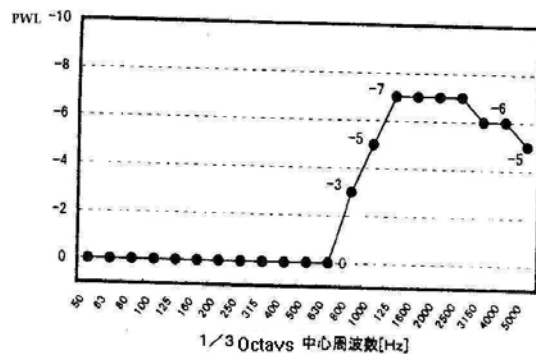


圖 4.21 排水性路面 PWL 頻率修正值

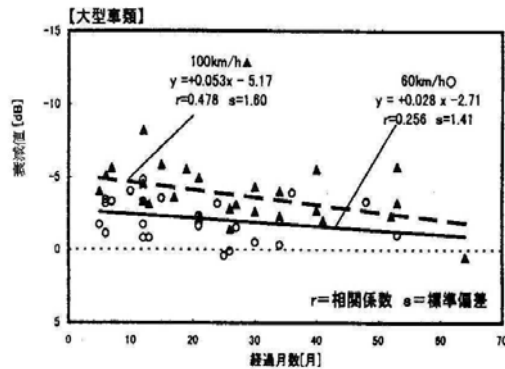
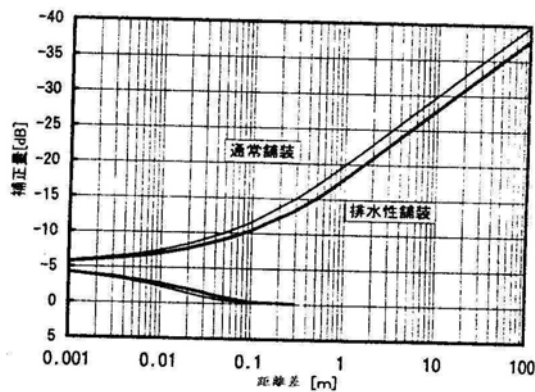


圖 4.22 排水性路面反射修正值 圖 4.23 排水性路面修正效果逐年變化

5. 空氣吸收衰減修正方法

空氣對聲音具有吸收效果，溫度、濕度及氣壓等氣象變化也有依存關係，一般而言，空氣對道路交通噪音的減音效果，在距道路 50 公尺處為 0.5dB，200 公尺處為 2~3 dB，整體氣象條件最多可減少 6 dB，根據日本 JIS Z 8738（對應 ISO 9613-1）空氣吸收的純音衰減係數 α (dB/m) 計算方法分為 A 法及 B 法，前者各頻帶的修正值如表 4.15；後者的修正值依預測點與道路距離如表 4.16 所示，其計算公式如下：

$$\Delta L_{a,air}(r) = -0.3452 \left(\frac{r}{1000} \right)^3 + 2.011 \left(\frac{r}{1000} \right)^2 - 6.840 \left(\frac{r}{1000} \right)$$

表 4.15 空氣吸收衰減係數 α (dB/m) (標準狀態：20°C，60%)

f(Hz)	63	125	250	500	1k	2k	4k
α (dB/m)	0.104	0.386	1.23	2.79	4.80	9.25	25.4

表 4.16 空氣吸收衰減修正值

r (m)	20	40	80	160	320	640	1,280	2,560
$\Delta L_{A,air}$ (dB)	-0.15	-0.3	-0.48	-1.11	-2.05	-3.63	-6.22	-10.2

6. 氣象影響的推算方法

噪音傳播特性受風、溫度分布等氣象的影響很大，表 4.17 是風速在 $\pm 3\text{m/s}$ 順風下 $\Delta L_{m,line}$ 每 0.5dB 變化量，噪音的氣象變化量 $\Delta L_{m,line}$ 公式如下：

$$\Delta L_{m,line} = K_{line} \cdot U_{vec} = \begin{cases} \left\{ K_{m,line} \cdot \log \left(\frac{l}{l_0} \right) \right\} \cdot U_{vec} & l > l_0 \\ 0 & l \leq l_0 \end{cases}$$

$\Delta L_{m,line}$ ：氣象影響的變化量，(dB)

U_{vec} ：向量風速 ($U_{vec}=U \times \cos\theta$) (m/s)

l ：道路中心至觀測點水平距離 (m)

l_0 ：風的開始影響水平距離 (m)

實地調查 $K_{m,line}=0.88$ ， $l_0=15$

$$\Delta L_{m,line} = \left\{ 0.88 \cdot \log\left(\frac{l}{15}\right) \right\} \cdot U_{vec}, \quad l > 15$$

表 4.17 氣象影響的修正值

向量風速 (m/s)	道路中心至預測點距離 (m)		
	50	100	200
±1	±0.5	±0.5	±1.0
±2	±1.5	±2.0	±3.0
±3	±2.5	±3.5	±5.0

7. ASJ Model 1998 單車道 L_{Aeq} 計算公式

$$L_{AE} = L_{WA} + 10 \log \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dt}{\ell^2 + (vt)^2} = L_{WA} + 10 \log \left(\frac{1}{2\ell v} \right) = L_{WA} - 10 \log \ell - 10 \log V + 10 \log \frac{3.6}{2}$$

$$L_{Aeq,T} = L_{WA} - 10 \log \ell - 10 \log V + 10 \log N_T + 10 \log \frac{3.6}{2T}$$

ℓ ：車道中心線至預測點距離

N_T ：預測時間內的交通量 (輛)

T ：預測時間 (秒)

定速行駛狀態時

$$L_{WA} = B + 30 \log V$$

$$L_{AE} = B - 10 \log \ell + 20 \log V + 10 \log \frac{3.6}{2}$$

$$L_{Aeq,T} = B - 10 \log \ell + 20 \log V + 10 \log N_T + 10 \log \frac{3.6}{2T}$$

第五章高速公路噪音預測與校估

本研究鑑於經驗模式有其使用之限制條件，且受到道路預測環境影響甚巨，故擬選用國外 DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 等已為公認之並被列入電腦套裝軟體使用之模式，應用其數學運算式建立各噪音預測模式之各項參數，計算及預測高速公路噪音量，分析相同的交通量、速度、鋪面坡度及距離衰減等輸入資料，不同的噪音預測模式所預測的數值的差異，並探討預測值與實測值產生的差異，以期對提供 CADNA-A、SOUNDPLAN 等電腦軟體的使用者選擇預測演算法時須注意的問題，在校估時摒除以往用趨勢線推估的方式，比照美國高速公路局及其相關研究使用調整參數及實測值的調校方式，及我國環保署認可以 L_{90} 作為模式常數項調整依據的方法。

5.1 建立輸入資料

參照第四章 DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 預測模式，進行預測前應蒐集預測點及道路相關輸入資料，包括交通資料與道路環境資料：

1. 小車、大車流量與速度等小時交通資料。
2. 預測點對應的道路路段之車道數。
3. 車道、中央分隔島與路肩寬度。
4. 道路結構：路堤高度、路塹深度或為平面段。
5. 道路最外側車道中心線至預測點距離。
6. 車道、路肩、中央分隔島寬度。
7. 道路鋪面材質、坡度。
8. 其他：視預測點至道路邊之間有無隔音牆、建築物、濃密的樹林，須蒐集高度、縱深及其與音源或預測點間距離等相關資料。

5.1.1 交通資料

本研究預測點涵蓋國道一號、國道三號共計 4 處，輸入模式的交通資料包括小時交通量、大車比例、小時平均速度等，交通資料取自高速公路中區交通控制系統，與預測點最近之車輛偵測器測得之車種、車道、流量與速度之交通資料，這種資料可區分方向別與車道別，原始交通資料依車種、車道區分流量、速度及占有率，車種分為小型車、大型車及聯結車，目前車輛偵測器係以車長辨別車種，其預設值如下：

1. 車長 ≤ 5.5 公尺為小型車。
2. 車長 > 5.5 公尺，且 ≤ 12 公尺為大型車。
3. 車長 > 12 公尺為聯結車。

DIN18005 及 RLS90 預測模式中的重車係指車輛總重 2.8 噸以上的車輛；ASJ MODEL1998 的兩分類中的大車係指 2000 cc 以上貨車及載客 11 人以上的客車，我國目前市面上主流車系的車輛規格表，2000 cc 以上或 2.8 噸以上的貨車，11 人座以上中型巴士及大客車，其車長大於 5.5 公尺，事實上車輛偵測器為能準確地偵測及區分出大車及小車，其大小車車長設定以涵蓋公路上行駛之車系為主，故本研究在不考慮極少數例外，各預測點監測時間內的交通資料依下式計算整理結果如表 5.1 所示。

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n} ; Q = \frac{\sum_{j=1}^m Q_j}{m}$$

$$U_j = \frac{\sum_{i=1}^n U_i \times Q_i}{Q_j} ; U = \frac{\sum_{j=1}^m U_j \times Q_j}{\sum_{j=1}^m Q_j}$$

$$OCC = \frac{\sum_{j=1}^m OCC_j}{m}$$

Q_i ：每一車道各車種流量，輛。

Q_j ：每一車道流量，輛。

Q ：總流量，輛。

U_i ：每一車道各車種速度，km/h。

U_j ：每一車道速度，km/h。

U ：平均速度，km/h。

OCC_j ：每一車道，占有率，%。

OCC ：平均占有率，%。

i ：車種，1，.....，n，小車、大車（大車、連結車）。

j ：車道，1，.....，m。

由於 ASJ MODEL 1998 預測模式可依車道至預測點的距離推算總體噪音量，另 DIN18005 及 RLS-90 預測點至道路外側車道中心線有 25 公尺，若加

計高速公路南北向所有車道及路肩、分隔島（或護欄），涵蓋的總寬度達 48.25 公尺，為了比較雙向與單向交通量對預測結果有無很大的差異，本研究將取自中區交控系統的交通資料依車道別及行車方向別分別整理出各模式所需的交通資料，請詳表 5.2 及表 5.3。

表 5.1 預(實)測點交通資料—中區交通控制系統之交通資料

單位：輛/小時、%、km/h

預(實)測點		時間	交通資料				
國道別	里程(m)		小車 流量	大車 流量	交通 量	大車 比例	平均 速度
國道三號	132.653	200507110700	3444	521	3965	0.13	104
國道三號	132.653	200507110800	2859	367	3226	0.11	104
國道三號	132.653	200507110900	2724	360	3084	0.12	101
國道一號	128.750	200603221632	2895	666	3561	0.19	101
國道一號	167.200	200604121235	4845	1138	5983	0.19	94
國道一號	173.800	200603211100	5991	1121	7112	0.16	91
國道一號	173.800	200604121404	5393	930	6323	0.15	86
國道一號	173.800	200604121505	6315	1088	7403	0.15	88

表 5.2.1 預(實)測點交通資料—方向別（北上）

單位：輛/小時、%、km/h

預(實)測點		時間	北上				
國道別	里程		小車 流量	大車 流量	交通量	大車 比例	平均 速度
國道三號	132.653	200507110700	1843	257	2100	0.12	106
國道三號	132.653	200507110800	1654	193	1847	0.10	106
國道三號	132.653	200507110900	1488	186	1674	0.11	103
國道一號	128.750	200603221632	1391	194	1585	0.12	103
國道一號	167.200	200604121235	2225	574	2799	0.21	98
國道一號	173.800	200603211100	2980	571	3551	0.16	89
國道一號	173.800	200604121404	2271	400	2671	0.15	88
國道一號	173.800	200604121505	2829	501	3330	0.15	89

表 5.2.2 預(實)測點交通資料—方向別(南下)

單位：輛/小時、%、km/h

預(實)測點		時間	南下				
國道別	里程		小車 流量	大車 流量	交通量	大車 比例	平均 速度
國道三號	132.653	200507110700	1601	264	1865	0.14	101
國道三號	132.653	200507110800	1205	174	1379	0.13	101
國道三號	132.653	200507110900	1236	174	1410	0.12	99
國道一號	128.750	200603221632	1504	472	1976	0.24	93
國道一號	167.200	200604121235	2620	564	3184	0.18	81
國道一號	173.800	200603211100	3011	550	3561	0.15	86
國道一號	173.800	200604121404	3122	530	3652	0.15	79
國道一號	173.800	200604121505	3486	587	4073	0.14	81

表 5.3.1 預(實)測點交通資料—車道別(北上)

單位：輛/小時、km/h

預(實)測點		時間	北上								
			車道 1 流量		車道 2 流量		車道 3 流量		速度		
國道別	里程		小車	大車	小車	大車	小車	大車	車道 1	車道 2	車道 3
國道三號	132.653	200507111100	264	5	241	99	3	9	103	91	98
國道三號	132.653	200507111200	566	0	577	68	129	316	111	105	92
國道三號	132.653	200507111300	623	1	680	72	147	298	109	106	91
國道三號	132.653	200507111400	675	2	770	44	254	238	110	106	96
國道三號	132.653	200507111500	837	0	832	83	255	284	109	105	96
國道三號	132.653	200507111600	839	1	852	66	328	232	110	106	97
國道三號	132.653	200507111700	738	3	816	52	289	202	110	107	100
國道三號	132.653	200507111800	655	0	723	30	276	163	110	107	99
國道三號	132.653	200507111900	606	0	663	38	219	148	108	104	96
國道三號	132.653	200507112000	521	0	610	19	201	127	108	105	98
國道一號	128.750	200603221632	694	1	643	121	54	72	106	102	97
國道一號	167.200	200604121235	888	5	800	275	537	294	107	99	87
國道一號	173.800	200603211100	1294	6	1071	350	615	215	95	89	78
國道一號	173.800	200604121404	887	7	820	217	564	176	100	87	75
國道一號	173.800	200604121505	1125	10	951	268	753	223	101	88	76

表 5.3.2 預(實)測點交通資料—車道別(南下)

單位：輛/小時、km/h

預(實)測點		時間	南下								
			車道 1 流量		車道 2 流量		車道 3 流量		速度		
國道別	里程		小車	大車	小車	大車	小車	大車	車道 1	車道 2	車道 3
國道三號	132.653	200507111100	247	0	251	17	81	91	107	101	92
國道三號	132.653	200507111200	604	1	611	49	177	251	108	102	90
國道三號	132.653	200507111300	544	3	581	59	194	241	108	102	91
國道三號	132.653	200507111400	592	0	647	59	237	233	107	102	92
國道三號	132.653	200507111500	612	0	653	46	260	219	107	102	92
國道三號	132.653	200507111600	684	1	697	47	226	233	107	102	93
國道三號	132.653	200507111700	653	1	717	33	231	230	108	103	93
國道三號	132.653	200507111800	452	2	550	24	203	148	108	104	95
國道三號	132.653	200507111900	496	0	528	37	212	137	107	102	94
國道三號	132.653	200507112000	358	0	450	9	160	108	108	103	94
國道一號	128.750	200603221632	679	2	665	124	160	346	101	101	96
國道一號	167.200	200604121235	1005	3	863	299	752	262	101	93	76
國道一號	173.800	200603211100	1085	4	1078	313	848	233	101	96	85
國道一號	173.800	200604121404	1146	8	1074	258	902	264	92	85	78
國道一號	173.800	200604121505	1288	3	1180	309	1018	275	94	89	80

另外國道三號北上 64.800 公里、84.600 公里、90.100 公里，國道四號西向 7.800 公里交通流量係使用數位影像攝影機錄製行車畫面，再計算每一畫面呈現車流量，加總後再取小時平均值，以此推算出小時交通量請詳表 5.4 所示。

表 5.4 國道四號預(實)測點交通資料 單位：輛/小時、%、km/h

國道別	里程	北上					
		小車流量	雙軸重車	多軸重車	大車流量	小時流量	大車比例
國道三號	64.800	2006	311	268	579	2585	0.22
國道三號	84.600	2055	224	236	460	2515	0.18
國道三號	90.100	1543	245	183	428	1971	0.22
國道三號	132.600	1245	161	185	346	1591	0.22
國道別	里程	南向					
		小車流量	雙軸重車	多軸重車	大車流量	小時流量	大車比例
國道三號	233.400	1202	136	107	243	1445	0.17
國道別	里程	西向					
		小車流量	雙軸重車	多軸重車	大車流量	小時流量	大車比例
國道四號	7.800	1020	210	173	383	1403	0.27

5.1.2 參數資料

DIN18005 及 RLS-90 輸入資料除了交通資料外，還需要輸入的有道路鋪面種類、坡度，以計算或選擇適當之噪音修正值，高速公路車速均高於每小時 50 公里，表 4.2 及 4.2.1 表示之 DIN18005 及 RLS-90 路面修正值依各預測點路面種類而有所不同，國道一號 128.75 km、167.200 km、173.800 km，國道三號 84.600 km、90.100 km 與國道四號 7.800 km 等處分為瀝青混凝土路面及改良與開放級配，路面噪音修正值設為 0dB，國道三號 132.600 km 路面為排水性瀝青混凝土，路面噪音修正值設為 -0.5 dB，國道三號 64.800 km 路面為縱向掃紋剛性路面，路面噪音修正值設為 2 dB；ASJ MODEL 1998 對於一般瀝青混凝土鋪面則無須修正，排水性道路鋪面噪音修正值為 $\Delta L_{WA,dr} = -2.5 \log V + 3.2$ ，故國道三號 132.600 km 路面依該式修正噪音預測，此外各預測點的坡度均小於 5%，坡度噪音修正值為 0dB。

本研究監測地點（預測地點）分為兩種，一為距道路外側車道中心線向外 25 公尺處：一為避車灣，車道寬以 3.65 公尺計，中央分隔島含內側路肩以 5 公尺計，路肩以 1 公尺計，各車道中心線至預測點距離如圖 5.1 及圖 5.2 所示。

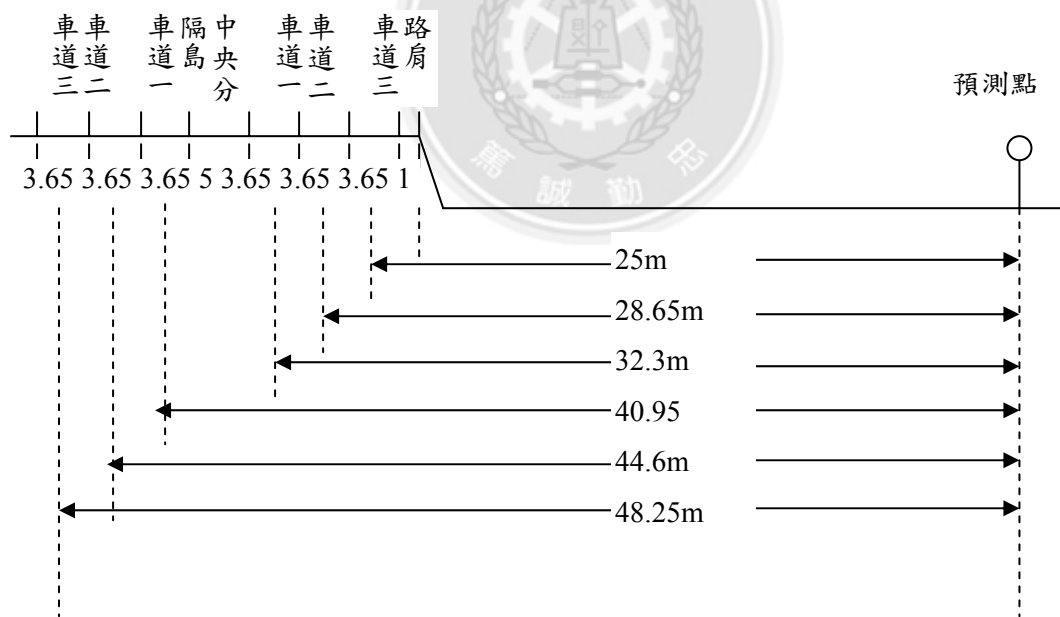


圖 5.1 預測點至各車道中心線距離—預測點至外側車道中心線 25 公尺

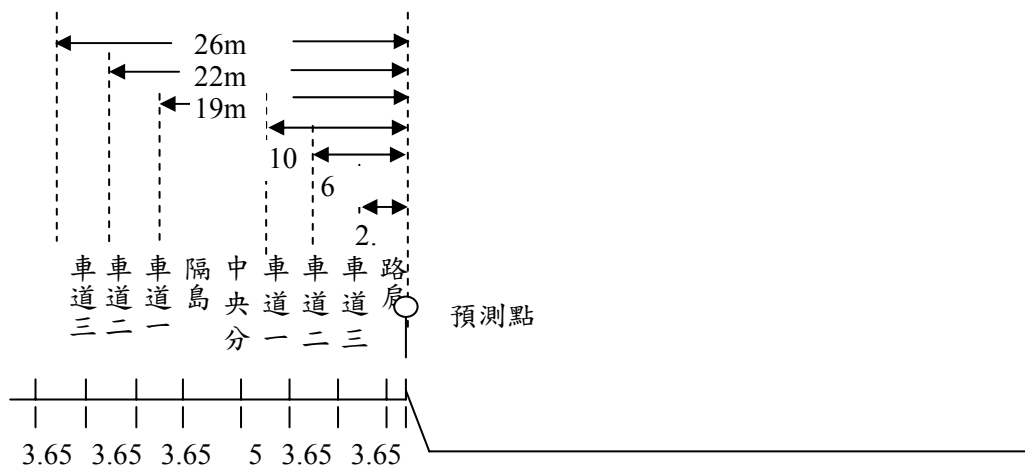


圖 5-2 預測點至各車道中心線距離—預測點至路肩 1 公尺

DIN18005 距離衰減修正公式分為平面路段及路堤路段兩類，表 5.5 所列輸入資料各預測地點位於道路路肩處視為平面路段，路側向外 25 公尺處均為路堤路段，其距離衰減修正公式如下：

1. 平面路段

$$\Delta L_s = \left(8.8 + 8.2x + \frac{x^2}{2} \right) dB$$

$$x = \log(s_0^2 + H^2)$$

s_0 ：音源至受音點的距離

H ：預測點地段中間距地面高度

2. 路堤路段：受音點低於路面會產生附加的屏障作用

$$\Delta L_{s,\perp} = \left(-13.8 + 3.5x + \frac{x^2}{2} \right) dB$$

$$x = \log\left(\frac{s_{\perp,0}^2 + H^2}{m^2}\right)$$

$s_{0,\perp}$ ：音源至受音點的距離

H ：預測點距地面高度

RLS-90 距離衰減修正公式與 DIN18005 近似，只有各項正負號略有不同，表 5.6 所建立輸入參數也是對量測地點位於道路路肩處視為平面路段，路側向外 25 公尺處均為路堤路段，其距離衰減修正公式如下：

1. 平面路段

$$\Delta L_s = \left(8.8 - 8.2x - \frac{x^2}{2} \right)$$

$$x = \log(s_0^2 + H^2)$$

s_0 ：音源至受音點的距離

H ：預測點地段中間距地面高度

2. 路堤路段：受音點低於路面會產生附加的屏障作用

$$\Delta L_{s,\perp} = \left(13.8 - 3.5x - \frac{x^2}{2} \right)$$

$$x = \log\left(\frac{s_{\perp,0}^2 + H^2}{m^2}\right)$$

$s_{0,\perp}$ ：音源至受音點的距離

H ：預測點距地面高度



表 5.5 DIN18005 輸入參數資料

單位：dB、輛/小時、%、km/h、m

預測點	日期	鋪面修正值	坡度修正值	小時車流量	重車比例	平均車速	障礙物修正值	建物修正值	路口修正值	路邊至預測點修正值	測點高度
里程數		L _{stro}	L _{stg}	M	P	V	L _z	L _g	L _k	S ₀	H
128.750	200603221632	0.00	0.00	3561	0.19	101	0.00	0.00	0.00	25.00	0.50
167.200	200604121235	0.00	0.00	5983	0.19	94	0.00	0.00	0.00	25.00	0.50
173.800	200603211100	0.00	0.00	7112	0.16	91	0.00	0.00	0.00	25.00	0.50
173.800	200604121404	0.00	0.00	6323	0.15	86	0.00	0.00	0.00	25.00	0.50
173.800	200604121505	0.00	0.00	7403	0.15	88	0.00	0.00	0.00	25.00	0.50
132.653	2005071110700	0.00	0.00	4206	0.14	103	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
132.653	2005071110800	0.00	0.00	3965	0.13	104	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
132.653	2005071110900	0.00	0.00	3226	0.11	104	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
64.800	200507050800	2.00	0.00	2585	0.22	100	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
84.600	200507041300	0.00	0.00	2515	0.18	100	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
90.100	200507040800	0.00	0.00	1971	0.22	100	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50
7.800	200504070700	0.00	0.00	1403	0.27	80	0.00	0.00	0.00	1.00	1.50

表 5.6 RLS-90 輸入參數資料

單位：dB、輛/小時、%、km/h、m

預測點	日期	鋪面修正值	路口修正值	坡度修正值	小時交通量	重車比例	小車速度	大車速度	路邊至預測點修正值	測點高度
里程數		L_{stro}	L_k	L_{stg}	M	P	V_{pkw}	V_{lkw}	S_0	H
128.750	200603221632	0.00	0.00	0.00	3561	0.19	101	101	25.00	0.50
167.200	200604121235	0.00	0.00	0.00	5983	0.19	94	94	25.00	0.50
173.800	200603211100	0.00	0.00	0.00	7112	0.16	91	91	25.00	0.50
173.800	200604121404	0.00	0.00	0.00	6323	0.15	86	86	25.00	0.50
173.800	200604121505	0.00	0.00	0.00	7403	0.15	88	88	25.00	0.50
132.653	200507110700	0.00	0.00	0.00	4206	0.14	103	103	1.00	1.50
132.653	200507110800	0.00	0.00	0.00	3965	0.13	104	104	1.00	1.50
132.653	200507110900	0.00	0.00	0.00	3226	0.11	104	104	1.00	1.50
64.800	200507050850	2.00	0.00	0.00	2585	0.22	100	100	1.00	1.50
84.600	200507041218	0.00	0.00	0.00	2515	0.18	100	100	1.00	1.50
90.100	200507040826	0.00	0.00	0.00	1971	0.22	100	100	1.00	1.50
7.800	200504070735	0.00	0.00	0.00	1403	0.27	80	80	1.00	1.50

國道三號北上 64.800 km、84.600 km、90.100 km及國道四號西向 7.800 km四處只有北上無車道別交通資料，故全數列在北上車道一，ASJ Model 1998 輸入資料如表 5.7 所示，其單車道 L_{Aeq} 計算公式如下：

$$L_{AE} = L_{WA} + 10 \log \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dt}{\ell^2 + (vt)^2} = L_{WA} + 10 \log \left(\frac{1}{2\ell v} \right) = L_{WA} - 10 \log \ell - 10 \log V + 10 \log \frac{3.6}{2}$$

$$L_{Aeq,T} = L_{WA} - 10 \log \ell - 10 \log V + 10 \log N_T + 10 \log \frac{3.6}{2T}$$

ℓ ：車道中心線至預測點距離

N_T ：預測時間內的交通量（輛）

T ：預測時間（秒）

定速行駛狀態時

$$L_{WA} = B + 30 \log V$$

$$L_{AE} = B - 10 \log \ell + 20 \log V + 10 \log \frac{3.6}{2}$$

$$L_{Aeq,T} = B - 10 \log \ell + 20 \log V + 10 \log N_T + 10 \log \frac{3.6}{2T}$$

表 5.7.1 ASJ MODEL 1998 輸入參數資料-北上 單位：輛/小時、km/h、m

預測點 里程	日期	北上車道一						
		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	114.08	107.58	107	107	1	699	25.0
167200	2006041212	114.08	107.58	107	107	5	888	25.0
173800	2006032111	112.55	106.05	95	95	6	1294	25.0
173800	2006041214	113.20	106.70	100	100	7	887	25.0
173800	2006041215	113.33	106.83	101	101	10	1125	25.0
132653	2005071107	114.44	107.94	110	110	1	839	2.8
132653	2005071108	114.44	107.94	110	110	3	738	2.8
132653	2005071109	114.44	107.94	110	110	0	655	2.8
64.800	2005070508	113.20	106.70	100	100	579	2006	3.0
84.600	2005070412	113.20	106.70	100	100	460	2055	3.0
90.100	2005070408	113.20	106.70	100	100	428	1543	3.0
7.800	2005040707	110.29	103.79	80	80	383	1020	3.0

預測點	日期	北上車道二						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	113.96	107.46	106	106	112	688	29
167200	2006041212	113.07	106.57	99	99	275	800	29
173800	2006032111	111.68	105.18	89	89	350	1071	29
173800	2006041214	111.39	104.89	87	87	217	820	30
173800	2006041215	111.53	105.03	88	88	268	951	30
132653	2005071107	113.96	107.46	106	106	66	852	6
132653	2005071108	114.08	107.58	107	107	52	816	6
132653	2005071109	114.08	107.58	107	107	30	723	6

預測點	日期	北上車道三						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	113.20	106.70	100	100	322	142	32
167200	2006041212	111.39	104.89	87	87	294	537	32
173800	2006032111	110.04	103.54	78	78	215	615	32
173800	2006041214	109.45	102.95	75	75	176	564	32
173800	2006041215	109.62	103.12	76	76	223	753	32
132653	2005071107	112.80	106.30	97	97	232	328	10
132653	2005071108	113.20	106.70	100	100	202	289	10
132653	2005071109	113.07	106.57	99	99	163	276	10

表 5.7.2 ASJ MODEL 1998 輸入參數資料-南下 單位：輛/小時、km/h、m

預測點	日期	南下車道一						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	113.33	106.83	101	101	2	679	41
167200	2006041212	113.33	106.83	101	101	3	1005	41
173800	2006032111	113.26	106.76	101	101	4	1085	41
173800	2006041214	112.11	105.61	92	92	8	1146	41
173800	2006041215	112.39	105.89	94	94	3	1288	41
132653	2005071107	114.08	107.58	107	107	1	684	19
132653	2005071108	114.08	107.58	107	107	1	653	19
132653	2005071109	114.20	107.70	108	108	2	452	19

預測點	日期	南下車道二						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	113.33	106.83	101	101	124	665	45
167200	2006041212	112.25	105.75	93	93	299	863	45
173800	2006032111	112.62	106.12	96	96	313	1078	45
173800	2006041214	111.08	104.58	85	85	258	1074	45
173800	2006041215	111.68	105.18	89	89	309	1180	45
132653	2005071107	113.51	107.01	102	102	47	697	22
132653	2005071108	113.63	107.13	103	103	33	717	22
132653	2005071109	113.74	107.24	104	104	24	550	22

預測點	日期	南下車道三						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
128750	2006032216	112.67	106.17	96	96	160	346	48
167200	2006041212	109.62	103.12	76	76	262	752	48
173800	2006032111	111.15	104.65	85	85	233	848	48
173800	2006041214	109.96	103.46	78	78	264	902	48
173800	2006041215	110.29	103.79	80	80	275	1018	48
132653	2005071107	112.22	105.72	93	93	233	226	26
132653	2005071108	112.27	105.77	93	93	230	231	26
132653	2005071109	112.51	106.01	95	95	148	203	26

5.2 噪音監測

本研究為比對各噪音預測模式之預測值差異，以及各模式預測值與實測值的差值，除於中山高速公路適當地點進行噪音監測，蒐集小時均能音量，另引用於國道三號避車灣進行的噪音監測資料，於預測時運用 DIN 18005 及 RLS-90 提供的距離衰減算式進行修正，對模式標準量測距離（25 公尺）的預測結果與路邊量測的預測結果予以分析。

由於本研究重點在比較相同的輸入參數不同的噪音預測模式所得結果的差異，而隔音牆、或建築物的阻隔對道路噪音傳播的影響相當複雜，除了需考量高度、與噪音源及受音點相對距離外，材質的隔（吸）音效能也會影響預測結果的準確度，但因高速公路隔音牆設置已有相當時間，很難取得相關資料，為簡化預測內容，選擇高速公路沿線距外側車道中心線 25 公尺處可進行噪音監測的地點，所以高架段不合適，量測地點車輛無法到達的地點會造成監測工作難以執行，經過現勘後選定中山高速公路北上 128.750 公里、

167.200 公里及 173.800 公里三處。

5.2.1 測點描述

中山高速公路北上 128.750 公里外側車道中心線向外 25 公尺處，緊鄰苗 25 縣道，測點與高速公路之間無隔音牆、任何建築物或濃密樹林影響交通噪音傳播，此處高速公路為土堤構造，鋪面為瀝青混凝土，北上及南下各 3 個車道，中央以分隔島區隔。

中山高速公路北上 167.200 公里外側車道中心線向外 25 公尺處，位於豐原交流道以北，測點與高速公路之間無隔音牆、任何建築物或濃密樹林影響交通噪音傳播，此處高速公路為土堤構造，但高度與緊鄰的道路相差約 1 公尺，鋪面為瀝青混凝土，北上及南下各 3 個車道，中央以分隔島區隔。

中山高速公路北上 173.800 公里外側車道中心線向外 25 公尺處，位於大雅交流道以北，測點與高速公路之間無隔音牆、任何建築物或濃密樹林影響交通噪音傳播，此處高速公路為土堤構造，路面高度與測點高度相差約 3 公尺，鋪面為瀝青混凝土，北上及南下各 3 個車道，中央以分隔島區隔。



圖 5.3 中山高速公路 128.750 公里及 167.200 公里測點實景



圖 5.4 中山高速公路 173.800 公里測點實景

5.2.2 噪音監測值

監測地點選定後，即可進行噪音監測，使用噪音計為符合中國國家標準（CNS 7129）的 RION NL-31，連續量測小時均能音量，測量期間無風無雨地面乾燥，若路堤與測點的高度相差 1.5 公尺以內，調整麥克風高度使與路面等高，至於 173.800 公里處，麥克風仍維持 1.5 公尺高，再於預測時做距離修正，小時均能音量、最大音量及、 L_5 、 L_{10} 、 L_{50} 、 L_{95} 等噪音監測結果請詳表 5.8 所示。另表 5.9 為國道三號避車灣量測之噪音量。

表 5.8 中山高速公路各噪音監測點小時噪音量 單位：dB(A)

監測地點	方向別	監測日期	監測時間	小時均能音量	最大音量	L_5	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{95}
128.750	北上	20060321	1632	69.7	80.7	75.0	73.4	66.8	63.3	62.9
167.200	北上	20060412	1235	67.7	71.2	70.6	69.2	67.4	66.0	66.0
173.800	北上	20060321	1116	73.9	102.8	71.9	69.2	64.2	59.8	16.7
173.800	北上	20060412	1404	65.2	87.0	68.6	67.5	64.3	62.0	61.2
173.800	北上	20060412	1505	66.4	86.1	69.4	68.2	65.2	63.0	62.3

表 5.9 國道三號各噪音監測點小時噪音量 單位：dB(A)

監測地點	方向別	監測日期	監測時間	小時均能音量	最大音量	L_5	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{95}
132.600	北上	20050711	0649	78.30	100.1	81.0	72.2	65.9	64.3	57.2
132.600	北上	20050711	0749	78.30	96.5	81.3	71.8	65.1	63.6	57.5
132.600	北上	20050711	0849	78.30	97.1	81.6	72.1	65.1	63.4	56.9
64.800	北上	20050705	0851	84.3	101.1	89.9	87.2	81.6	75.2	73.8
64.800	北上	20050705	0951	83.8	100.3	88.9	86.7	81.7	75.6	74.0
64.800	北上	20050705	1051	84.0	99.6	89.1	86.9	81.5	75.5	73.9
64.800	北上	20050705	1151	84.4	98.8	89.4	87.2	82.0	75.1	73.6
84.600	北上	20050704	1218	78.0	96.2	83.9	81.1	74.1	67.8	66.2
84.600	北上	20050704	1318	78.1	95.5	84.2	81.3	74.1	67.7	66.0
84.600	北上	20050704	1418	78.5	95.0	84.6	81.9	74.6	68.0	66.2
84.600	北上	20050704	1518	78.8	92.1	85.1	82.6	75.1	68.4	66.8
90.100	北上	20050704	0826	78.1	97.3	83.9	81.2	74.1	66.9	65.6
90.100	北上	20050704	0926	78.2	95.8	83.8	81.3	74.6	67.9	66.6
90.100	北上	20050704	1026	78.1	98.2	83.5	81.1	74.5	67.2	65.6
90.100	北上	20050704	1126	78.5	96.5	84.1	81.4	74.3	66.7	65.2
7.800	西向	20050407	0735	78.4	96.9	83.9	81.1	73.7	67.2	65.5

監測地點	方向別	監測日期	監測時間	小時均能音量	最大音量	L ₅	L ₁₀	L ₅₀	L ₉₀	L ₉₅
7.800	西向	20050407	0835	78.4	98.3	84.2	81.2	73.7	67.1	65.3
7.800	西向	20050407	0935	78.3	94.6	83.7	81.3	74.1	67.1	65.8
7.800	西向	20050407	1035	78.3	92.3	84.4	81.7	74.0	66.4	65.4

5.3 噪音預測及比對

將本章 5.1 節所建立之 DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 輸入資料代入第四章各節所載相關公式，以 EXCEL 運算得到各預測點的噪音預測值，所有預測值與實測值比較結果如表 5.10 所示，DIN 18005 以國道三號北上 132.600 公里處的預測值最接近實測值，差值在-1.0~0.0dB 之間，以國道一號北上 173.800 公里處的預測值與實測值相差最大，在 18.8~26.5dB 之間；RLS-90 以國道一號北上 173.800 公里處的 2006 年 3 月 21 日的預測值與實測值相差 0.6dB 最近，以國道三號北上 64.800 公里處的預測值與實測值相差-20.3~-20.9dB 最大；ASJ MODEL 1998 以國道三號北上 132.600 公里處預測值最接近實測值，差值約在-0.6~0.6dB 之間，以國道一號北上 173.800 公里處 2006 年 4 月 12 日 14 時的預測值與實測值相差 11.3 最多，因每一個模式的各測點預測值與實測值的差值有正有負，故由 DIN18005、RLS-90、RLS-90M、ASJ MODEL 1998 之各測點預測值與實測值之差的最小平方和看，RLS-90 誤差最大，ASJ MODEL 誤差最小。

RLS-90 有兩種推算預測值的方法，其一為已知小客車速度 (V_{PKW})、大車速度 (V_{LKW})，運用其個別關係式計算出交通噪音量，其預測值為表 5.10 之 RLS-90 乙欄；另一逕以車流量及重車比例關係式推算道邊路 25 公尺處的噪音量 ($L_m^{(25)}$)，以及速度的噪音修正關係式計算，其預測值為表 5-10 的 RLS-90M 乙欄，由表 5.10 發現 RLS-90 預測值與實測值差異和 RLS-90M 相差其大，而 RLS-90M 預測值與實測值差異和 DIN 18005 類似，因為兩者的預測模式非常近似。

$$1. \text{RLS-90: } L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_K + \Delta L_{Stg}$$

$$L_m^{(25)} = 36.8 + 10 \log [M \times (1 + 0.082P)]$$

$$\Delta L_v \cong (23 - 3.5\sqrt{p} + 0.2p) \cdot (\log v - 2) \text{ dB}$$

$$2. \text{RLS-90M: } L_{m,E} = L_{PKW} + 10 \log [M \times (1 + k \times p)] + \Delta L_{Stro} + \Delta L_K + \Delta L_{Stg}$$

$$L_{PKW} = 27.2 + 10 \log \left[\frac{1}{(0.02V_{PKW})^3} \right]$$

$$R = \frac{10^{0.1}(L_{LKW} - L_{PKW}) - 1}{100}$$

$$L_{LKW} = 22.6 + 12.5 \log V_{LKW}$$



表 5.10 DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 預測值與實測值比較表

單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	DIN18005		RLS-90		RLS-90M		ASJ-1998	
				預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
國道一號	128.750	200603211632	69.7	90.68	21.0	71.73	2.0	86.28	24.5	76.55	6.8
國道一號	167.200	200604121235	67.7	92.26	24.6	74.12	6.4	87.86	22.6	77.58	9.9
國道一號	173.800	200603211116	73.9	92.74	18.8	74.54	0.6	88.33	74.8	77.77	3.9
國道一號	173.800	200604121404	65.2	91.67	26.5	74.17	9.0	87.27	30.5	76.55	11.3
國道一號	173.800	200604121505	66.4	92.57	26.2	74.74	8.3	88.17	29.4	77.46	11.1
國道三號	132.600	200507110649	78.3	78.31	0.0	62.25	-16.1	77.81	-7.3	78.94	0.6
國道三號	132.600	200507110749	78.3	78.14	-0.2	61.85	-16.5	77.64	-7.7	78.56	0.3
國道三號	132.600	200507110849	78.3	77.29	-1.0	60.59	-17.7	76.79	-8.5	77.74	-0.6
國道三號	64.800	200507050851	84.3	77.98	-6.3	63.48	-20.8	63.5	-0.8	85.54	1.2
國道三號	64.800	200507050951	83.8	77.98	-5.8	63.48	-20.3	63.5	-4.6	85.54	1.7
國道三號	64.800	200507051051	84.0	77.98	-6.0	63.48	-20.5	63.5	-0.6	85.54	1.5
國道三號	64.800	200507051151	84.4	77.98	-6.4	63.48	-20.9	63.5	-0.6	85.54	1.1
國道三號	84.600	200507041218	78.0	75.84	-2.2	60.80	-17.2	60.8	3.5	85.06	7.1
國道三號	84.600	200507041318	78.1	75.84	-2.3	60.80	-17.3	60.8	3.9	85.06	7.0
國道三號	84.600	200507041418	78.5	75.84	-2.7	60.80	-17.7	60.8	5.8	85.06	6.6
國道三號	84.600	200507041518	78.8	75.84	-3.0	60.80	-18.0	60.8	5.8	85.06	6.3
國道三號	90.100	200507040826	78.1	74.80	-3.3	60.22	-17.9	60.2	0.6	84.30	6.2
國道三號	90.100	200507040926	78.2	74.80	-3.4	60.22	-18.0	60.2	-0.6	84.30	6.1
國道三號	90.100	200507041026	78.1	74.80	-3.3	60.22	-17.9	60.2	1.5	84.30	6.2
國道三號	90.100	200507041126	78.5	74.80	-3.7	60.22	-18.3	60.2	1.5	84.30	5.8
國道四號	7.800	200504070735	78.4	71.28	-7.1	59.86	-18.5	59.9	0.5	81.34	2.9

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	DIN18005		RLS-90		RLS-90M		ASJ-1998	
				預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
國道四號	7.800	200504070835	78.4	71.28	-7.1	59.86	-18.5	59.9	1.0	81.34	2.9
國道四號	7.800	200504070935	78.3	71.28	-7.0	59.86	-18.4	59.9	1.0	81.34	3.0
國道四號	7.800	200504071035	78.3	71.28	-7.0	59.86	-18.4	59.9	3.5	81.34	3.0



5.3.1 各噪音模式預測之差異

DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 之預測值因預測地點有甚大的差異，DIN18005、RLS-90 與 ASJ MODEL 1998 因預測模式架構完全不同，預測結果有所差異，DIN18005 在高速公路邊 25 公尺處測點其預測與實測值的差值在 18.8~26.5 dB，1 公尺處測點其預測與實測值的差值在 0~-7.1 dB；RLS-90 在高速公路邊 25 公尺處測點預測與實測值差值在 0.6~0.9 dB，1 公尺處測點預測與實測值差值在 16.1~20.9 dB；ASJ MODEL 1998 在高速公路邊 25 公尺處測點預測與實測值差值在 3.9~11.3 dB，1 公尺處測點預測與實測值差值在 7.1~-12.0 dB，可知 RLS-90 用於公路邊 25 公尺處測點的預測誤差較小，DIN18005 用於公路邊 1 公尺處測點的預測誤差較小，相較兩者 ASJ MODEL 1998 預測與實測值的差值變化較小，除國道一號北上 173.800 公里處部分時段誤差較大外，公路邊 25 公尺處與 1 公尺處測點預測與實測值的誤差則無明顯的差異。

DIN18005 及 RLS-90 架構類似，預測結果也有甚大的差異，以下從預測式本身有無考量背景環境噪音、預測地點與高速公路距離、路面種類分析差異產生的原因：

1. 環境噪音

道路交通噪音預測模式預測之交通量係以車流量、大車比例關係式計算交通噪音量、並加上車速、路面種類、坡度、路口交通管制、距離與道路結構噪音修正值，實際上道路邊環境噪音除了車行噪音外，仍有環境的背景噪音加成在內，所以選擇測點時須選擇交通噪音與背景噪音相差 10dB 以上，此時不需修正背景噪音，美國高速公路局認為測點交通噪音與背景噪音相差 4dB 以上即可，然而實務上還是認有考量環境噪音影響的必要，一般經驗模式係於公式末項加上一常數作為環境噪音修正值，所以 DIN 18005 預測模式中 17.6dB 常數項為環境噪音修正值，惟 RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 則無此一常數項，由下列兩式發現 DIN18005 與 RLS-90M 有著相同的參數項，DIN18005 多加了一個 17.6dB 常數項：

$$(1) \text{ DIN18005: } L_{w'} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_{Sig} + \Delta L_S + 17.6dB$$

$$(2) \text{ RLS-90M: } L_{m,E} = L_m^{(25)} + \Delta L_{Stro} + \Delta L_v + \Delta L_{Sig} - \Delta L_S$$

2. 25 公尺處交通噪音量的差異

兩者的 25 公尺處交通噪音量 ($L_m^{(25)}$) 的公式常數項也有差異，DIN18055 為 37.3dB，RLS-90M 為 36.8dB：

$$(1) \text{ DIN18005: } L_m^{(25)} = [37.3 + 10 \log[M(1 + 0.082p)]]dB$$

$$(2) \text{ RLS-90M: } L_m^{(25)} = 36.8 + 10 \log[M \times (1 + 0.082P)]$$

3. 預測點與車道距離

DIN18005 平面段的距離修正公式與 RLS-90 距離修正公式因正負號不同，使得預測結果有相當差異。

$$\text{DIN18005: } \Delta L_s = \left(8.8 + 8.2x + \frac{x^2}{2} \right) dB$$

$$\text{RLS-90 及 RLS-90M: } \Delta L_s = \left(8.8 - 8.2x - \frac{x^2}{2} \right) dB$$

對應第 1 項的 L_W 及 $L_{m,E}$ 兩式，可以發現在距離修正值方面，DIN18005 多加了 8.8dB，而 RLS-90 及 RLS-90M 減了 8.8dB。

由表 5.11 發現 RLS-90 預測值較 DIN18005 及 RLS-90M 低很多，但 DIN18005 與 RLS-90M 兩者結構類似，且因各參數算式差異互有消長，兩者的預測值卻相差不大。



表 5.11 DIN18005 及 RLS-90、RLS-90M 預測值比較表 單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	DIN18005	RLS-90	RLS-90M
國道一號	128.750	200603211632	90.68	71.73	86.28
國道一號	167.200	200604121235	92.26	74.12	87.86
國道一號	173.800	200603211116	92.74	74.54	88.33
國道一號	173.800	200604121404	91.67	74.17	87.27
國道一號	173.800	200604121505	92.57	74.74	88.17
國道三號	132.600	200507110649	78.31	62.25	77.81
國道三號	132.600	200507110749	78.14	61.85	77.64
國道三號	132.600	200507110849	77.29	60.59	76.79
國道三號	64.800	200507050851	77.98	63.48	77.48
國道三號	64.800	200507050951	77.98	63.48	77.48
國道三號	64.800	200507051051	77.98	63.48	77.48
國道三號	64.800	200507051151	77.98	63.48	77.48
國道三號	84.600	200507041218	75.84	60.80	75.34
國道三號	84.600	200507041318	75.84	60.80	75.34
國道三號	84.600	200507041418	75.84	60.80	75.34
國道三號	84.600	200507041518	75.84	60.80	75.34
國道三號	90.100	200507040826	74.80	60.22	74.30
國道三號	90.100	200507040926	74.80	60.22	74.30
國道三號	90.100	200507041026	74.80	60.22	74.30
國道三號	90.100	200507041126	74.80	60.22	74.30
國道四號	7.800	200504070735	71.28	59.86	59.06
國道四號	7.800	200504070835	71.28	59.86	59.06
國道四號	7.800	200504070935	71.28	59.86	59.06
國道四號	7.800	200504071035	71.28	59.86	59.06

5.3.2 小時平均車流量之預測值

國道三號北上 64.800 公里、84.600 公里及 90.100 公里，國道四號西向 4.85 英里等處因交通調查困難，只取得監測時段各車種總交通量，故以該總交通量除以調查小時數，計算得到小時平均交通量，再代入 DIN18005、RLS-90、RLS-90M 及 ASJ MODEL 1998 等各預測模式得到平均小時均能音量預測值，與實測小時均能音量比較如表 5-12 所示，發現預測結果仍因預測地點不同而有差異，RLS-90 預測值較 DIN18005、RLS-90M 及 ASJ MODEL 1998 低很多，RLS-90M 預測值與實測值之差變化較大，即國道三號北上 84.600 公里處預測值與實測值的差在-2.7~3.5dB，國道四號西向 7.800 公里處預測值與實測值之差在-19.2dB 及-19.3dB，由各模式預測值與實測值之差的最小平方和看，

DIN18005 的誤差最小，RLS-90 的誤差最大。

若將各測點 4 小時的小時均能音量依下式計算其平均小時均能音量，與平均小時交通量計算所得之平均小時均能音量預測值比較：

$$L_{eq,h} = 10 \log \left[\frac{1}{4} \times 10^{\left(\frac{L_1}{10} + \frac{L_2}{10} + \frac{L_3}{10} + \frac{L_4}{10} \right)} \right], L_1, L_2, L_3, L_4 : \text{小時均能音量}$$

由表 5.12 所示，DIN18005、RLS-90、RLS-90M 及 ASJ MODEL 1998 各測點的平均小時均能音量預測值與實測值之差仍在 4 個小時的小時均能音量差值最大值與最小值的範圍內，由各模式預測值與實測值之差的最小平方和看，ASJ MODEL 1998 的誤差最小，RLS-90 的誤差最大。



表 5.12 DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL1998 預測與實測比較表

單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	小時 Leq	平均小 時 Leq	DIN18005			RLS-90			RLS-90M			ASJ-1998		
					預測值	差值	平均值 之差	預測值	差值	平均值 之差	預測值	差值	平均值 之差	預測值	差值	平均值 之差
國道三號	64.8	200507050851	84.3	84.1	77.98	-6.3	-6.1	63.48	-20.8	-20.6	77.48	-6.8	-6.6	85.54	1.2	1.4
國道三號	64.8	200507050951	83.8		77.98	-5.8		63.48	-20.3		77.48	-6.3		85.54	1.7	
國道三號	64.8	200507051051	84.0		77.98	-6.0		63.48	-20.5		77.48	-6.5		85.54	1.5	
國道三號	64.8	200507051151	84.4		77.98	-6.4		63.48	-20.9		77.48	-6.9		85.54	1.1	
國道三號	84.6	200507041218	78.0	78.4	75.84	-2.2	-2.5	60.80	-17.2	-17.5	75.34	-2.7	-3.0	85.06	7.1	6.7
國道三號	84.6	200507041318	78.1		75.84	-2.3		60.80	-17.3		75.34	-2.8		85.06	7.0	
國道三號	84.6	200507041418	78.5		75.84	-2.7		60.80	-17.7		75.34	-3.2		85.06	6.6	
國道三號	84.6	200507041518	78.8		75.84	-3.0		60.80	-18.0		75.34	-3.5		85.06	6.3	
國道三號	90.1	200507040826	78.1	78.2	74.80	-3.3	-3.4	60.22	-17.9	-18.0	74.30	-3.8	-3.9	84.30	6.2	6.1
國道三號	90.1	200507040926	78.2		74.80	-3.4		60.22	-18.0		74.30	-3.9		84.30	6.1	
國道三號	90.1	200507041026	78.1		74.80	-3.3		60.22	-17.9		74.30	-3.8		84.30	6.2	
國道三號	90.1	200507041126	78.5		74.80	-3.7		60.22	-18.3		74.30	-4.2		84.30	5.8	
國道四號	7.8	200504070735	78.4	78.4	71.28	-7.1	-7.1	59.86	-18.5	-18.5	59.06	-19.3	-19.3	81.34	2.9	3.0
國道四號	7.8	200504070835	78.4		71.28	-7.1		59.86	-18.5		59.06	-19.3		81.34	2.9	
國道四號	7.8	200504070935	78.3		71.28	-7.0		59.86	-18.4		59.06	-19.2		81.34	3.0	
國道四號	7.8	200504071035	78.3		71.28	-7.0		59.86	-18.4		59.06	-19.2		81.34	3.0	

5.3.3 雙向與單向車流量

高速公路單向車道 3 車道時，以北上方向外側車道中心線向外 25 公尺處預測點而言，最遠的南下外側車道與預測點距離達 48.25 公尺，為了瞭解對向車流噪音對 25 公尺處及 1 公尺處的交通噪音量影響，將國道一號北上 128.750 公里、167.200 公里及 173.800 公里（25 公尺處）及國道三號北上 132.600 公里（1 公尺處）之單向小車與大車流量、大車比例及速度等交通資料代入 DIN18005、RLS-90、RLS-90M、ASJ MODEL1998 預測模式，將所得小時均能音量預測值與實測值比較。

由表 5.13 發現 25 公尺 DIN18005 單向車流的預測值較雙向車流的預測值接近實測值，但只在 3~4dB，兩個相同音量的噪音加成後，總音量只增加了 3dB，至於 1 公尺處單向車流的預測值則明顯低估了交通噪音量。

表 5.13 DIN18005 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較 單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	雙向		單向	
				預測值	差值	預測值	差值
國道一號	128.750	200603211632	69.7	90.68	21.0	87.42	17.7
國道一號	167.200	200604121235	67.7	92.26	24.6	89.34	21.6
國道一號	173.800	200603211116	73.9	92.74	18.8	89.45	15.5
國道一號	173.800	200604121404	65.2	91.67	26.5	88.12	22.9
國道一號	173.800	200604121505	66.4	92.57	26.2	89.18	22.8
國道三號	132.600	200507110649	78.3	78.31	0.0	75.98	-2.3
國道三號	132.600	200507110749	78.3	78.14	-0.2	75.63	-2.7
國道三號	132.600	200507110849	78.3	77.29	-1.0	75.05	-3.2

比較 RLS-90 及 RLS-90M 雙向及單向交通量的預測結果，如表 5.14 所示，以所有測點預測值與實測值之最小平方和計算，RLS-90 雙向車流預測值的誤差較單向車流小，雙向車流的預測值與實測值的差在 0.6~-17.7dB，單向車流的預測值與實測值的差在 5.2~-20.3 dB，單向車流也是與雙向車流一樣在 25 公尺處的測點預測值較接近實測值；RLS-90M 模式的結構與 DIN18005 相類似，故也是單向車流預測值的誤差較雙向車流小，單向車流預測值與實測值的差在 18.3~-3.9 dB，雙向車流預測值與實測值的差在 22.1~-1.5 dB，然而雙向車流路邊 1 公尺處預測值與實測值的差值卻在 -0.5~-1.5 dB，即在±3 dB 以內。

ASJ MODEL 1998 雙向及單向交通量的預測結果如表 5.15 所示，單向車流預測值與實測值的誤差較雙向車流的誤差小，單向車流預測值與實測值之差在 8.8~1.3 dB，雙向車流預測值與實測值之差在 11.3~-0.6 dB，單向車流與雙向車流相同的是路邊 1 公尺處預測值與實測值的誤差較 25 公尺處的誤差小，其雙向車流預測值與實測值之差在 0.6~-0.6 dB，單向車流預測值與實測

值之差在-0.1~-1.3 dB，均在 ± 3 dB 以內。



表 5.14 RLS-90 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較

單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	RLS-90(雙向)		RLS-90M(雙向)		RLS-90(單向)		RLS-90M(單向)	
				預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
國道一號	128.750	200603211632	69.7	71.73	2.0	86.28	16.6	67.04	-2.7	82.74	13.0
國道一號	167.200	200604121235	67.7	74.12	6.4	87.86	20.2	70.44	2.7	84.55	16.9
國道一號	173.800	200603211116	73.9	74.54	0.6	88.33	14.4	71.69	-2.2	85.32	11.4
國道一號	173.800	200604121404	65.2	74.17	9.0	87.27	22.1	70.36	5.2	83.53	18.3
國道一號	173.800	200604121505	66.4	74.74	8.3	88.17	21.8	71.28	4.9	84.70	18.3
國道三號	132.600	200507110649	78.3	62.25	-16.1	77.81	-0.5	59.43	-18.9	75.22	-3.1
國道三號	132.600	200507110749	78.3	61.85	-16.5	77.64	-0.7	58.85	-19.5	74.88	-3.4
國道三號	132.600	200507110849	78.3	60.59	-17.7	76.79	-1.5	58.01	-20.3	74.36	-3.9



表 5.15 ASJ MODEL 1998 雙向及單向交通資料預測值與實測值比較

單位：dB(A)

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	雙向		單向	
				預測值	差值	預測值	差值
國道一號	128.750	200603211632	69.7	76.55	6.8	74.75	5.1
國道一號	167.200	200604121235	67.7	77.58	9.9	75.57	7.9
國道一號	173.800	200603211116	73.9	77.77	3.9	75.43	1.5
國道一號	173.800	200604121404	65.2	76.55	11.3	73.95	8.8
國道一號	173.800	200604121505	66.4	77.46	11.1	74.99	8.6
國道三號	132.600	200507110649	78.3	78.94	0.6	78.18	-0.1
國道三號	132.600	200507110749	78.3	78.56	0.3	77.75	-0.5
國道三號	132.600	200507110849	78.3	77.74	-0.6	77.04	-1.3

5.3.4 日交通量推算小時交通量

如果遇到只能取得全日交通量的資料時，DIN18005 及 RLS-90 提供小時交通量的換算表，請詳表 4.1，該表依德國道路種類及日間與夜間時段分別給予全日交通量不同的權數，推算小時交通量，為瞭解此一方法在每一小時預測的差異，本研究利用「台九線南迴公路拓寬改善計畫」^[1998]雙流橋及大竹兩地調查資料進行預測分析，表 5.16 及表 5.17 為該計畫調查雙流橋及大竹的交通資料包括機車、小型車、大型車、特種車，由於道路寬度不大，機車行駛噪音貢獻量不能予以忽略，將其計入交通量，故全日交通量包括機車及特種車，台九線為省道，取表 4-1 聯邦道路的權數，即日間（06:00~22:00）小時交通量權數為 0.08DTV、夜間（22:00~06:00）小時交通量權數為 0.011，重車比例則引用原調查計算結果，道路寬度 7.5 公尺，測點在路邊，DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 等模式輸入資料如表 5.18、5.19、5-20 所示，由於該處省道為瀝清混凝土路面，路面修正值設為 0dB，測點為平坦路面，坡度修正值設為 0 dB，測點附近沒有路口也無號誌管制，路口修正值（ ΔL_K ）為 0 dB，測點至路邊距離為 7.5 公尺，測點距地面高度以測量麥克風高度為 1.5 公尺，路邊至測點之間無建築物或隔音牆之類的遮蔽物，障礙物修正值（ ΔL_Z ）、建物修正值（ ΔL_g ）設為 0。

表 5.16 台九線雙流橋交通資料

單位：輛、%

日期	機車	小車	大車	特種車	DTV	車流量				大車 比例
						日間	大車	夜間	大車	
19980802	173	6326	501	199	7199	432	30	79	6	0.07
19980803	164	4234	520	415	5333	320	31	59	6	0.10
19980804	71	2455	422	446	3394	204	25	37	5	0.12
19980805	182	2912	342	386	3822	229	21	42	4	0.09
19980806	209	3210	469	386	4274	256	28	47	5	0.11
19980807	249	4626	562	675	6112	367	34	67	6	0.09
19980808	215	6503	520	585	7823	469	31	86	6	0.07

表 5.17 台九線大竹交通資料

單位：輛、%

日期	機車	小車	大車	特種車	DTV	車流量				大車 比例
						日間	大車	夜間	大車	
19980912	115	4468	394	401	5378	323	24	59	4	0.07
19980913	154	4718	424	328	5624	337	25	62	5	0.08
19980914	123	3057	415	487	4082	245	25	45	5	0.10
19980915	154	2823	463	524	3964	238	28	44	5	0.12
19980916	119	2936	527	482	4064	244	32	45	6	0.13
19980917	133	2831	469	485	3918	235	28	43	5	0.12
19980918	148	3250	430	537	4365	262	26	48	5	0.10

表 5.18 台九線 DIN18005 輸入參數資料

單位：dB、輛/小時、%、km/h、m

預測點	日期	鋪面 修正值	坡度 修正值	小時 車流量	重車比例	平均車速	障礙物 修正值	建物 修正值	路口 修正值	路邊至預測點 修正值	測點高度
里程數		Lstro	Lstg	M	P	V	Lz	Lg	Lk	s0	H
雙流橋	19980802060000	0.00	0.00	432	0.07	60	0.00	0.00	0.00	7.50	1.50
雙流橋	19980802220000	0.00	0.00	79	0.07	60	0.00	0.00	0.00	7.50	1.50
大竹	19980912060000	0.00	0.00	323	0.07	60	0.00	0.00	0.00	7.50	1.50
大竹	19980912220000	0.00	0.00	59	0.07	60	0.00	0.00	0.00	7.50	1.50

表 5.19 台九線 RLS-90 輸入參數資料

單位：dB、輛/小時、%、km/h、m

預測點	日期	鋪面 修正值	路口 修正值	坡度 修正值	小時 交通量	重車比例	小車速度	大車速度	路邊至預測 點修正值	測點高度
里程數		Lstro	Lk	Lstg	M	P	Vpkw	Vlkw	S0	H
雙流橋	19980802060000	0.00	0.00	0.00	432	0.07	60	60	7.50	1.50
雙流橋	19980802220000	0.00	0.00	0.00	79	0.07	60	60	7.50	1.50
大竹	19980912060000	0.00	0.00	0.00	323	0.07	60	60	7.50	1.50
大竹	19980912220000	0.00	0.00	0.00	59	0.07	60	60	7.50	1.50

表 5.20 台九線 ASJ MODEL 1998 輸入參數資料 單位：輛/小時、km/h、m

預測點	日期	雙向車道						
里程		Lwa (大車)	Lwa (小車)	V (大車)	V (小車)	N (大車)	N (小車)	d
雙流橋	1998080206	106.54	100.04	60	60	30	432	7.5
雙流橋	1998080222	106.54	100.04	60	60	6	79	7.5
大竹	1998091206	106.54	100.04	60	60	24	323	7.5
大竹	1998091222	106.54	100.04	60	60	4	59	7.5

雙流橋及大竹分時噪音監測資料的小時均能音量與 DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 全日各小時的預測值比較如表 5.21 及表 5.22，雙流橋的 RLS-90 預測值最低，ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測小時均能音量，RLS-90 各小時預測值與實測值的差在-21.4~-30.8dB，ASJ MODEL 1998 各小時預測值與實測值的差在-0.5~-6.9 dB，其中日間（07:00~22:00）的誤差均在 ± 3 dB 以內；由圖 5.5、圖 5.6、圖 5.7 台九線雙流橋小全日小時均能音量預測值與實測值之差的分布圖看，夜間（22:00~07:00）的誤差較大。大竹的 RLS-90 預測值最低，亦即與小時均能音量實測值相較誤差最大，ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測小時均能音量，RLS-90 各小時預測值與實測值的差在-17.7~-26.8dB，ASJ MODEL 1998 各小時預測值與實測值的差在 6.1~-3.0 dB，夜間（22:00~07:00）的誤差均在 ± 3 dB 以內；由圖 5.8、圖 5.9、圖 5.10 台九線大竹小全日小時均能音量預測值與實測值之差的分布圖看，DIN18005 及 RLS-90 夜間（22:00~07:00）的誤差較大，日間（07:00~22:00）的誤差相較較小，但是 ASJ MODEL 1998 則相反，即夜間的誤差較小。

上述現象除了 ASJ MODEL 1998 大竹預測結果外，其餘 DIN18005、RLS-90 雙流橋與大竹預測值及 ASJ MODEL1998 雙流橋預測值均顯示夜間（22:00~7:00）與實測值的差值較大，推測可能係因為德國民眾生活習慣與駕駛行為與台灣地區不同，夜間權數須再因應國內狀況再做調整，不過預測本身已有不確定因子在內，小時交通量還是以實際調查為宜。

表 5.21 台九線 DIN18005、RLS-90、ASJ-1998 預測值與實測值比較(一)

單位：dB(A)

監測地點	監測日期	小時 均能音量	DIN18005		RL-90		ASJ-1998	
			預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
雙流橋	1998080201	66.3	44.15	-22.2	36.84	-29.5	60.75	-5.6
雙流橋	1998080202	66.2	44.15	-22.1	36.84	-29.4	60.75	-5.5
雙流橋	1998080203	65.0	44.15	-20.9	36.84	-28.2	60.75	-4.3
雙流橋	1998080204	63.4	44.15	-19.3	36.84	-26.6	60.75	-2.7
雙流橋	1998080205	64.8	44.15	-20.7	36.84	-28.0	60.75	-4.1
雙流橋	1998080206	65.4	44.15	-21.3	36.84	-28.6	60.75	-4.7
雙流橋	1998080207	65.6	51.53	-14.1	44.22	-21.4	68.03	2.4
雙流橋	1998080208	66.9	51.53	-15.4	44.22	-22.7	68.03	1.1
雙流橋	1998080209	67.5	51.53	-16.0	44.22	-23.3	68.03	0.5
雙流橋	1998080210	67.9	51.53	-16.4	44.22	-23.7	68.03	0.1
雙流橋	1998080211	68.6	51.53	-17.1	44.22	-24.4	68.03	-0.6
雙流橋	1998080212	67.6	51.53	-16.1	44.22	-23.4	68.03	0.4
雙流橋	1998080213	67.0	51.53	-15.5	44.22	-22.8	68.03	1.0
雙流橋	1998080214	66.9	51.53	-15.4	44.22	-22.7	68.03	1.1
雙流橋	1998080215	69.0	51.53	-17.5	44.22	-24.8	68.03	-1.0
雙流橋	1998080216	69.4	51.53	-17.9	44.22	-25.2	68.03	-1.4
雙流橋	1998080217	70.3	51.53	-18.8	44.22	-26.1	68.03	-2.3
雙流橋	1998080218	70.1	51.53	-18.6	44.22	-25.9	68.03	-2.1
雙流橋	1998080219	70.0	51.53	-18.5	44.22	-25.8	68.03	-2.0
雙流橋	1998080220	68.3	51.53	-16.8	44.22	-24.1	68.03	-0.3
雙流橋	1998080221	69.9	51.53	-18.4	44.22	-25.7	68.03	-1.9
雙流橋	1998080222	67.2	51.53	-15.7	44.22	-23.0	68.03	0.8
雙流橋	1998080223	67.6	44.15	-23.5	36.84	-30.8	60.75	-6.9
雙流橋	1998080224	68.3	44.15	-24.2	36.84	-31.5	60.75	-7.6

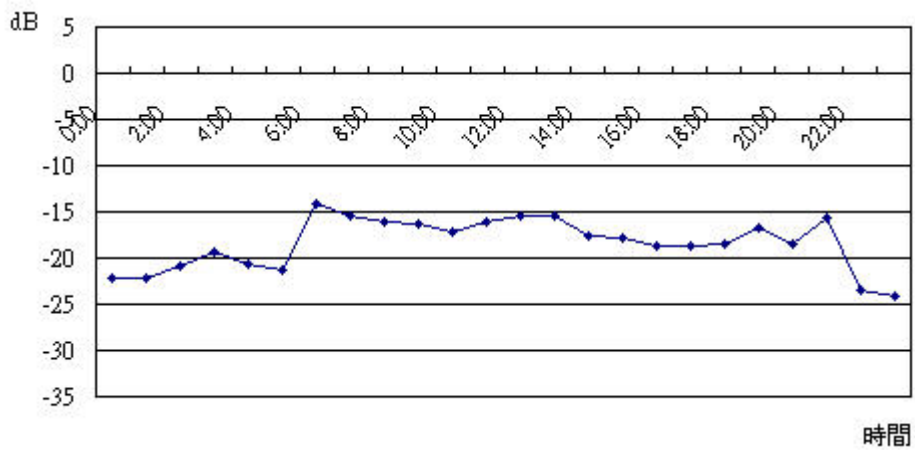


圖 5.5 台九線雙流橋 DIN18005 小時均能音量預測值與實測值之差

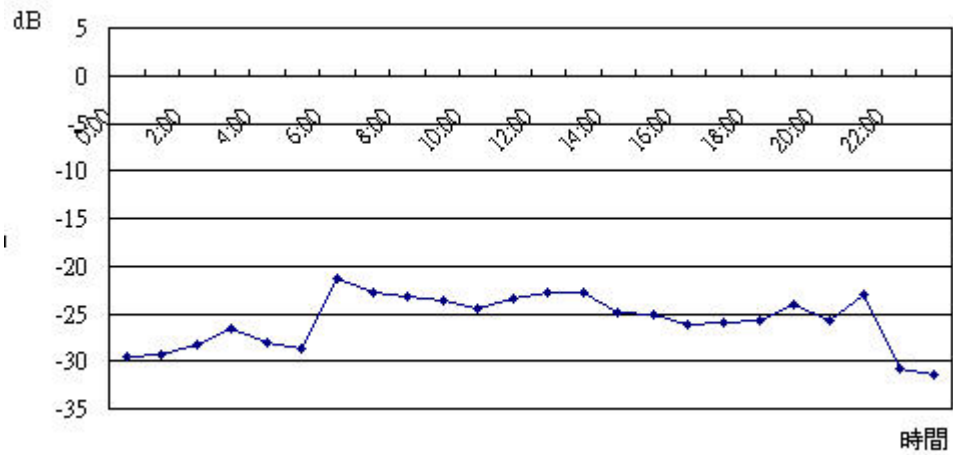


圖 5.6 台九線雙流橋 RLS-90 小時均能音量預測值與實測值之差

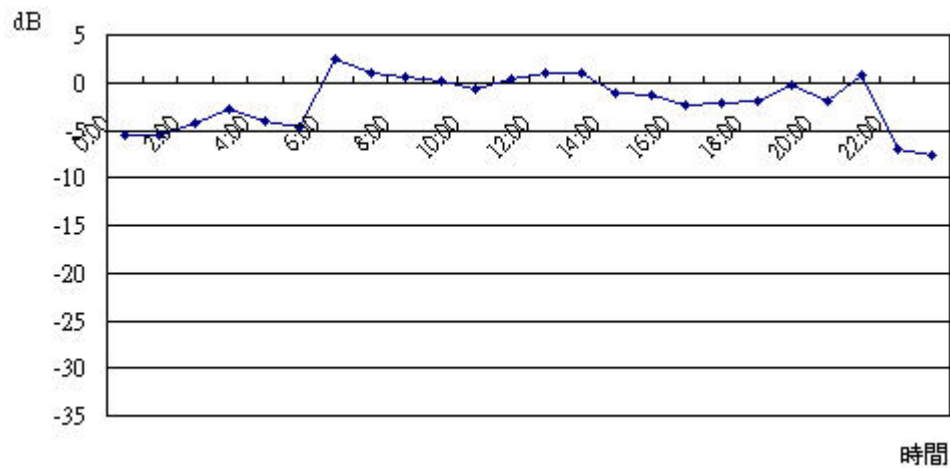


圖 5.7 台九線雙流橋 ASJ MODEL 1998 小時均能音量預測值與實測值之差

表 5.22 台九線 DIN18005、RLS-90、ASJ-1998 預測值與實測值比較(二)

單位：dB(A)

監測地點	監測日期	小時 均能音量	DIN18005		RL-90		ASJ-1998	
			預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
大竹	1998091201	61.4	42.89	-18.5	35.59	-25.8	59.36	-2.0
大竹	1998091202	61.3	42.89	-18.4	35.59	-25.7	59.36	-1.9
大竹	1998091203	62.4	42.89	-19.5	35.59	-26.8	59.36	-3.0
大竹	1998091204	61.0	42.89	-18.1	35.59	-25.4	59.36	-1.6
大竹	1998091205	60.1	42.89	-17.2	35.59	-24.5	59.36	-0.7
大竹	1998091206	61.4	42.89	-18.5	35.59	-25.8	59.36	-2.0
大竹	1998091207	62.7	50.27	-12.4	42.97	-19.7	66.84	4.1
大竹	1998091208	61.4	50.27	-11.1	42.97	-18.4	66.84	5.4
大竹	1998091209	62.3	50.27	-12.0	42.97	-19.3	66.84	4.5
大竹	1998091210	64.2	50.27	-13.9	42.97	-21.2	66.84	2.6
大竹	1998091211	64.5	50.27	-14.2	42.97	-21.5	66.84	2.3
大竹	1998091212	64.8	50.27	-14.5	42.97	-21.8	66.84	2.0
大竹	1998091213	63.4	50.27	-13.1	42.97	-20.4	66.84	3.4
大竹	1998091214	63.4	50.27	-13.1	42.97	-20.4	66.84	3.4
大竹	1998091215	62.9	50.27	-12.6	42.97	-19.9	66.84	3.9
大竹	1998091216	63.3	50.27	-13.0	42.97	-20.3	66.84	3.5
大竹	1998091217	64.5	50.27	-14.2	42.97	-21.5	66.84	2.3
大竹	1998091218	63.9	50.27	-13.6	42.97	-20.9	66.84	2.9
大竹	1998091219	62.3	50.27	-12.0	42.97	-19.3	66.84	4.5
大竹	1998091220	61.0	50.27	-10.7	42.97	-18.0	66.84	5.8
大竹	1998091221	61.6	50.27	-11.3	42.97	-18.6	66.84	5.2
大竹	1998091222	60.7	50.27	-10.4	42.97	-17.7	66.84	6.1
大竹	1998091223	59.8	50.27	-9.5	35.59	-24.2	59.36	-0.4
大竹	1998091224	61.9	50.27	-11.6	35.59	-26.3	59.36	-2.5

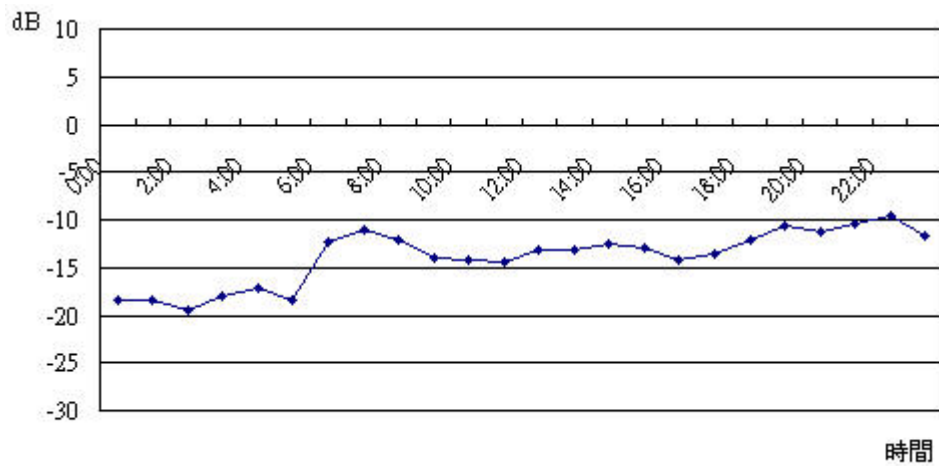


圖 5.8 台九線大竹 DIN18005 小時均能音量預測值與實測值之差

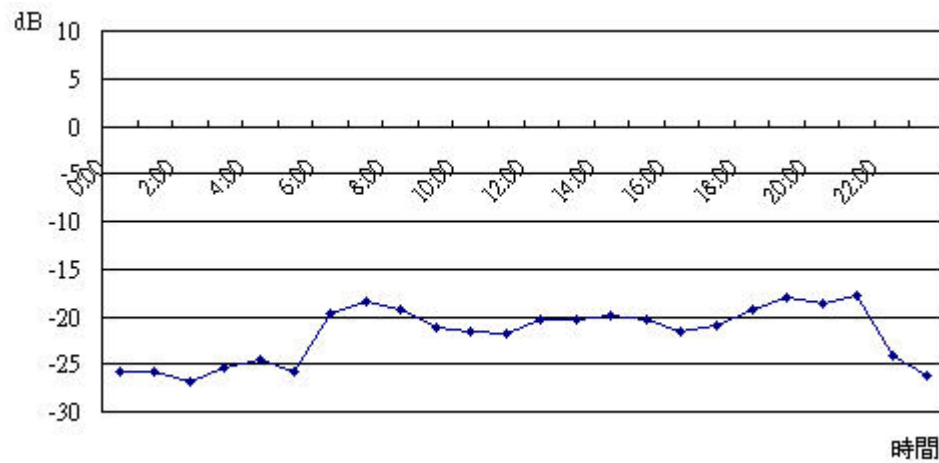


圖 5.9 台九線大竹 RLS-90 小時均能音量預測值與實測值之差

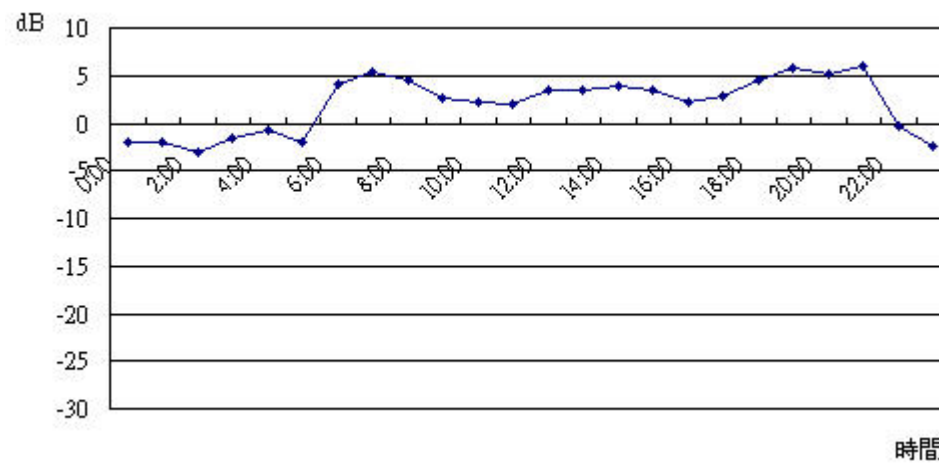


圖 5.10 台九線大竹 ASJ MODEL 1998 小時均能音量預測值與實測值之差

5.4 校估

美國的 TNM、德國的 RLS-90、DIN18005、日本的 ASJ MODEL 1998 等公路噪音預測模式所提供的在一個理想道路條件下，較為精確的公路交通噪音預測方法，所謂理想條件係指長且直的道路路段、穩定的車速、平坦的路面、良好的道路鋪面、大量的交通流量、預測點至道路邊沒有阻礙，實務使用時有必要透過實地調查交通狀況及量測噪音量調校噪音預測模式，國外研究所指的調校程序係將實地調查的交通流量、車速、卡車組成比例代入噪音預測模式，預測時還須注意量測設備、距離、量測技術，以及公路路面對實測噪音的影響，然而理想條件下建立的車種、交通流量、速度、路面種類、坡度、距離、預測點到道路邊環境狀況等修正方法與噪音資料庫畢竟是在模式建立當下的狀況，尤其是車種、交通流量、速度及距離修正關係式動輒影響數分貝或十幾分貝，既使輸入預測時各種交通資料及環境參數，誤差在所難免。

以往有研究運用同一測點連續實測值的對數變化趨勢進行校估，即以某一週期的預測值對應的實測值與下一週期實測值的對數趨勢，據以預測下一週期的預測值，惟此一方法有助推導修正公式或經驗公式，但對以預測代替實測，或在大範圍地區以少量實測資料進行預測驗證的研究，但是環境影響評估，推測開發後環境影響因無法事前取得監測資料，無法以實測資料比對進行校估，故這個方法並不適用；中華民國音響學會及本土許多研究也有參照 L_{90} 實測值作為調整模式預測值之指標，然而 L_{90} 受背景噪音影響很大，以往道路交通噪音評估指標使用 L_{10} 的預測模式或可適用，但現今道路交通噪音評估指標已改用小時 L_{eq} ，比對 L_{90} 往往因噪音取樣的變異無法將校估結果縮小到 $\pm 3\text{dB}$ 以內，為了避免因背景噪音的加成影響到噪音預測結果，本研究依照美國高速公路局^[2000]建議選擇交通噪音高於背景噪音達 4dB 以上的測點於無風晴朗天氣進行監測。

本研究測點涵蓋國道一號、國道三號及國道四號，路面種類有傳統與改良級配瀝青混凝土，交通資料調查方式有車輛偵測器與影像人工計數調查方式，測點距離有路邊 25 公尺與 1 公尺，預測結果發現 DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 各測點的預測值與實測值之差因測點而有相當大的差異，也就是各模式應用在不同的測點誤差不同，表 5.23 顯示，國道一號北上 128.750 公里以 RLS-90 預測最接近實測值，誤差為 2.0dB，173.800 公里 2006 年 3 月 21 日以 RLS-90 預測最接近實測值；國道三號北上 132.600 公里以 DIN18005 預測最接近實測值，誤差分別為 0.0 dB、-0.2 dB、-1.0 dB，同方向 64.800 公里以 ASJ MODEL 1998 預測最接近實測值，誤差為 1.4 dB，同方向 84.600 公里以 DIN18005 預測最接近實測值，誤差為 -2.5 dB；國道四號西向 7.800 公里以 ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測值，誤差為 3.0 dB。

路邊 15 公尺處各測點的 RLS-90 預測值與交通量關係分布如圖 5.11 所示，一如 RLS-90 預測模式預測點的交通量與其預測小時均能音量具備正項趨勢關係，再將各測點實測值對應繪製同一分布圖上，發現實測值並未與交通

量具備一樣的關係，路邊 1 公尺處各測點的 DIN18005 預測值與交通量關係分布如圖 5.12 所示，一如 DIN18005 預測模式預測點的交通量與其預測小時均能音量具備正項趨勢關係，再將各測點實測值對應繪製同一分布圖上，同 RLS-90，實測值也未與交通量具備一樣的關係，也因此部分測點的實測值與預測值會有較大的誤差。

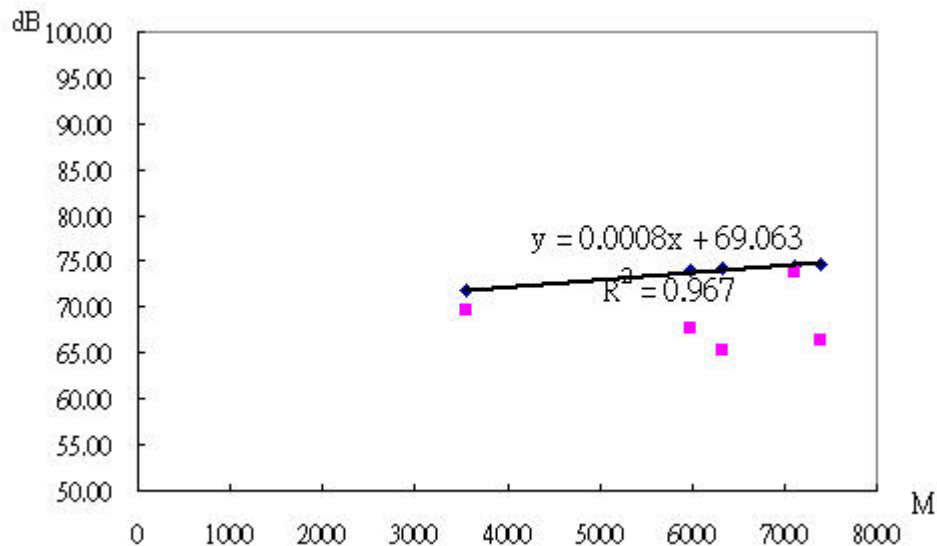


圖 5.11 RLS-90 預測值(◆)與交通量關係與實測值(■)分布圖

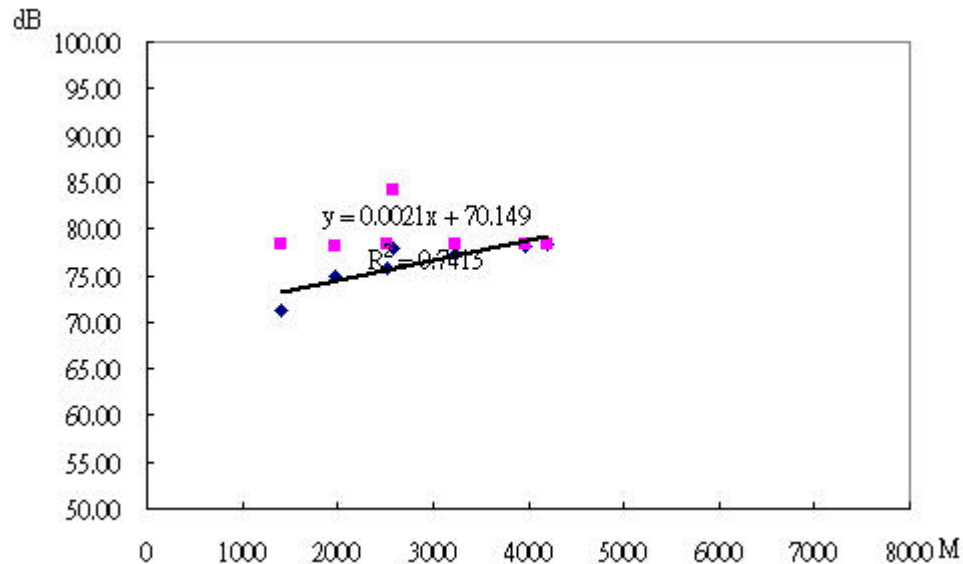


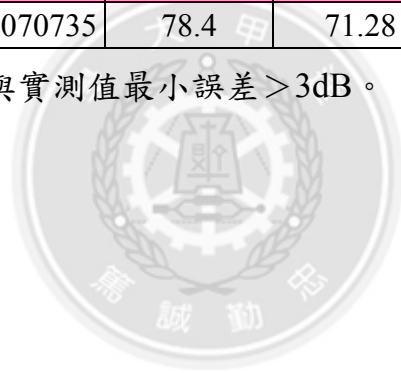
圖 5.12 RLS-90 預測值(◆)與交通量關係與實測值(■)分布圖

表 5.23 各測點實測值與 DIN18005、RLS-90、ASJ MODEL 1998 預測值之差

單位：dB

國道別	監測地點	監測時間	小時 均能音量	DIN18005		RLS-90		RLS-90M		ASJ-1998	
				預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值	預測值	差值
國道一號	128.750	200603211632	69.7	90.68	21.0	71.73	2.0	86.28	16.6	76.55	6.8
國道一號	167.200	200604121235	67.7	92.26	24.6	74.12	6.4	87.86	20.2	77.58	9.9
國道一號	173.800	200603211116	73.9	92.74	18.8	74.54	0.6	88.33	14.4	77.77	3.9
國道一號	173.800	200604121404	65.2	91.67	26.5	74.17	9.0	87.27	22.1	76.55	11.3
國道一號	173.800	200604121505	66.4	92.57	26.2	74.74	8.3	88.17	21.8	77.46	11.1
國道三號	132.600	200507110649	78.3	78.31	0.0	62.25	-16.1	77.81	-0.5	78.94	0.6
國道三號	132.600	200507110749	78.3	78.14	-0.2	61.85	-16.5	77.64	-0.7	78.56	0.3
國道三號	132.600	200507110849	78.3	77.29	-1.0	60.59	-17.7	76.79	-1.5	77.74	-0.6
國道三號	64.800	200507050851	84.1	77.98	-6.1	63.48	-20.6	77.48	-6.6	85.54	1.4
國道三號	84.600	200507041218	78.4	75.84	-2.5	60.80	-17.5	75.34	-3.0	85.06	6.7
國道三號	90.100	200507040826	78.2	74.80	-3.4	60.22	-18.0	74.30	-3.9	84.30	6.1
國道四號	7.800	200504070735	78.4	71.28	-7.1	59.86	-18.5	59.06	-19.3	81.34	3.0

備註：陰影部分為預測值與實測值最小誤差>3dB。



國道一號北上 167.200 公里 RLS-90 預測值與實測值之差為 6.4dB，噪音預測模式內有關交通量的關係式中，流量對噪音預測值有著正項關係，亦即流量多噪音預測值會增大，表 5.24 顯示該處交通量為 5,983 車次，預測值為 74.12 dB，由 5.11 圖來看，該測點相較交通量與預測值的關係，實測值小時均能音量偏低，以致誤差較大。

表 5.24 國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料 單位：dB、m

監測時間	200604121235	噪音指標	噪音監測值
預測噪音量 ($L_{m,E}$)	74.12	小時 L_{eq}	67.7
$Leq(25 \text{ 米})(L_M^{(25)})$	74.64	L_{max}	71.2
鋪面修正值(L_{stro})	0	L_{min}	65.3
坡度修正值(L_{stg})	0	L_5	70.6
小時交通量(M)	5983	L_{10}	69.2
重車比例(P)	0.19	L_{50}	67.4
小車速度(V_{pkw})	94	L_{90}	66.0
大車速度(V_{lkw})	94	L_{95}	66.0
距離修正值(ΔL_S)	13.8		
與路邊距離(S_0)	25.0		
與路邊高度差(H)	0.5		

國道一號北上 173.800 公里 2006 年 4 月 21 日 RLS-90 預測值與實測值之差卻達 9.0dB 及 8.3dB，表 5.25 及表 5.26 顯示；此處三個監測時間的預測值變化並不大，交通量分別為 7,112 車次、6323 車次、7403 車次，重車比例為 0.16、0.15、0.15，預測值分別為 74.54 dB、74.17 dB、74.74 dB，實測小時均能音量分別為 73.9 dB、65.2 dB、66.4 dB，2006 年 4 月 12 日小時均能音量偏低，致誤差值變大。

表 5.25 國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料 單位：dB

監測時間	200603211100	200604121404	200604121505
預測噪音量 ($L_{m,E}$)	74.54	74.17	74.74
$Leq(25 \text{ 米})(L_M^{(25)})$	75.38	74.86	75.55
鋪面修正值(L_{stro})	0.00	0.00	0.00
坡度修正值(L_{stg})	0.00	0.00	0.00
小時交通量(M)	7112	6323	7403
重車比例(P)	0.16	0.15	0.15
小車速度(V_{pkw})	91	86	88
大車速度(V_{lkw})	91	86	88
距離修正值(ΔL_S)	13.8	13.8	13.8
與路邊距離(S_0)	25.0	25.0	25.0
與路邊高度差(H)	0.5	0.5	0.5

表 5.26 國道一號北上 173.800 公里 RLS-90 參數資料 單位：dB

監測日期	小時 L_{eq}	L_{max}	L_{min}	L_5	L_{10}	L_{50}	L_{90}	L_{95}
200603211100	73.9	102.8	13.5	71.9	69.2	64.2	59.8	16.7
200604121404	65.2	87.0	56.8	68.6	67.5	64.3	62.0	61.2
200604121505	66.4	86.1	58.8	69.4	68.2	65.2	63.0	62.3

國道三號北上 94.100 公里處預測最接近實測值，誤差為-3.4dB，仍稍大於 ± 3 dB，本研究所有路邊 1 公尺測點，除國道三號北上 84.600 公里及 90.100 公里兩處以 DIN18005 預測值較接近實測值外，其餘以 ASJ MODEL 1998 預測值較接近實測值，有鑑於同樣的參數輸入資料運用不同的噪音預測模式會有甚大的差異，DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 三種噪音預測模式在不同的測點的預測值可以得到 ± 3 dB 以內的誤差，在國外並無直接調整噪音預測模式常數項之例子，而這些噪音預測模式應用多年具有國際公信力，實不宜逕自以實測值直接調整模式中任何關係式，但為求得到較接近實測的預測值，應於進行預測時選擇至少兩種不同性質的預測模式（如 RLS-90 與 DIN18005 或 DIN18005 與 ASJ MODEL 1998 等），以相同的參數輸入資料，確認預測地點的噪音特性與環境狀況較適合的噪音預測模式，對於無法取得開發後輸入資料的環境影響評估研究，或者尚未實施防音設施的地點，可以調查現況交通資料及實測小時均能音量進行試算，選擇誤差在 ± 3 dB 以內的噪音預測模式。

第六章 結論與建議

6.1 結論

以往國內有關道路交通噪音環境影響評估須以目標年推估之交通量預測開發後之環境影響，或者進行噪音防制規劃設計研究以現行道路交通狀況進行噪音預測時，因無開發後或防制設施實施後之噪音實測值比對，故無法驗證預測結果，即使有以現況環境及交通資料預測噪音值，再與調查當時的實測值比較，所有的誤差均在 $\pm 3\text{dB}$ 以內，證明以此推算開發後噪音影響或防制效果之可信度，惟這些報告書均未詳實說明預測模式輸入資料調整與預測運算方法，本研究選用國外使用多年且模式計算公式完整的噪音預測模式 DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 進行預測及比較分析。透過高速公路適當地點的噪音監測及交通資料，建立輸入資料，進行預測後與實測值比較。各測點不同的預測模式之預測值與實測值的差有相當大的差異，DIN18005 在高速公路邊 25 公尺處測點的預測與實測值之差在 18.8~26.5 dB，1 公尺處測點的預測與實測值之差在 0~-7.1 dB；RLS-90 距路邊 25 公尺處測點預測與實測值之差在 0.6~0.9 dB，1 公尺處測點預測與實測值差值在 16.1~20.9 dB；ASJ MODEL 1998 距路邊 25 公尺處測點預測與實測值差值在 3.9~11.3 dB，1 公尺處測點預測與實測值差值在 7.1~-12.0 dB，RLS-90 用於公路邊 25 公尺處測點的預測誤差較小，ASJ MODEL 1998 與 DIN18005 用於公路邊 1 公尺處測點的預測誤差較小，相較兩者 ASJ MODEL 1998 預測與實測值的差值變化較小。

各測點個別模式的預測值，以國道三號北上 132.600 公里處的預測值最接近實測值，差值在 -1.0~0.0dB 之間，以國道一號北上 173.800 公里處的預測值與實測值相差最大，在 18.8~26.5dB 之間；RLS-90 以國道一號北上 173.800 公里處的 2006 年 3 月 21 日的預測值與實測值相差 0.6dB 最近，以國道三號北上 64.800 公里處的預測值與實測值相差 -20.3~-20.9dB 最大；ASJ MODEL 1998 以國道三號北上 132.600 公里處預測值最接近實測值，差值約在 -0.6~0.6dB 之間，以國道一號北上 173.800 公里處 2006 年 4 月 12 日 14 時的預測值與實測值相差 11.3 最多。

RLS-90 有兩種推算預測值的方法，其一為已知小客車速度 (V_{PKW})、大車速度 (V_{LKW})，運用其個別關係式計算出交通噪音量，另一方法係以車流量及重車比例關係式推算道邊路 25 公尺處的噪音量 ($L_m^{(25)}$)，以及速度的噪音修正關係式計算，前者預測值與實測值差異和後者相差其大；DIN18005 及 RLS-90 架構類似，預測結果卻有甚大的差異，從模式本身來看，道路交通噪音預測模式預測之交通量係以車流量、大車比例關係式計算交通噪音量、加上車速、路面種類、坡度、路口交通管制、距離與道路結構噪音修正值，然而道路邊環境噪音除了車行噪音外，仍有環境的背景噪音加成在內，一般經

驗模式係於公式末項加上一常數作為環境噪音修正值，DIN 18005 預測模式的 +17.6dB 常數項為環境噪音修正值，RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 則無此一常數項，DIN18005 的 25 公尺處交通噪音量 ($L_m^{(25)}$) 的公式常數項為 37.3dB，RLS-90M 為 36.8dB，DIN18005 平面段的距離修正公式與 RLS-90 正負號不同，前者多加了 8.8dB，RLS-90 及 RLS-90M 減了 8.8dB；RLS-90 預測值較 DIN18005 及 RLS-90M 低很多，但 DIN18005 與 RLS-90M 兩者結構類似，且因各參數算式差異互有消長，兩者的預測值卻相差不大。

以小時平均交通量預測的國道三號北上 64.800 公里、84.600 公里及 90.100 公里，國道四號西向 4.85 英里等三處小時均能音量，仍因預測地點不同而有差異，國道三號北上 84.600 公里處預測值與實測值的差在 -2.7~3.5dB，國道四號西向 7.800 公里處預測值與實測值之差在 -19.2dB 及 -19.3dB，由各模式預測值與實測值之差的最小平方和看，DIN18005 的誤差最小，RLS-90 的誤差最大。將各測點 4 小時實測值計算的平均小時均能音量，與 DIN18005、RLS-90、RLS-90M 及 ASJ MODEL 1998 各測點的平均小時均能音量預測值之差仍在 4 個小時的小時均能音量差值最大值與最小值的範圍內，ASJ MODEL 1998 的誤差最小，RLS-90 的誤差最大。

高速公路對向車流噪音對 25 公尺處及 1 公尺處的交通噪音量影響方面，國道一號北上 128.750 公里、167.200 公里及 173.800 公里 (25 公尺處) 25 公尺處 DIN18005 單向車流的預測值較雙向車流的預測值接近實測值，在 3~4dB，兩個相同音量的噪音加成後，總音量只增加了 3dB；國道三號北上 132.600 公里 (1 公尺處) 單向車流的預測值則明顯低估了交通噪音量。RLS-90 雙向車流預測值的誤差較單向車流小，雙向車流的預測值與實測值的差在 0.6~-17.7dB，單向車流的預測值與實測值的差在 5.2~-20.3 dB；RLS-90M 模式的結構與 DIN18005 相類似，也是單向車流預測值的誤差較雙向車流小，單向車流預測值與實測值的差在 18.3~-3.9 dB，雙向車流預測值與實測值的差在 22.1~-1.5 dB，然而雙向車流路邊 1 公尺處預測值與實測值的差值卻在 -0.5~-1.5 dB，都在 ± 3 dB 以內。ASJ MODEL 1998 單向車流預測值的誤差較雙向車流小，單向車流預測值與實測值的差在 8.8-1.3 dB，雙向車流預測值與實測值的差在 11.3~-0.6 dB，單向車流與雙向車流相同的是路邊 1 公尺處預測值與實測值的誤差較 25 公尺處小，其雙向車流預測值與實測值的差在 0.6~-0.6 dB，單向車流預測值與實測值的差在 -0.1~-1.3 dB，均在 ± 3 dB 以內。

如果遇到只能取得全日交通量的資料時，依 DIN18005 及 RLS-90 提供小時交通量的換算表推算小時交通量，台九線雙流橋及大竹路邊測點全日各小時的預測值與小時均能音量比較，雙流橋的 RLS-90 預測值最低，ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測小時均能音量，RLS-90 各小時預測值與實測值的差在 -21.4~-30.8dB，ASJ MODEL 1998 各小時預測值與實測值的差在 -0.5~-6.9 dB，其中日間 (07:00~22:00) 的誤差均在 ± 3 dB 以內；大竹的 RLS-90 預測

值最低，亦即與小時均能音量實測值相較誤差最大，ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測小時均能音量，RLS-90 各小時預測值與實測值的差在-17.7~-26.8dB，ASJ MODEL 1998 各小時預測值與實測值的差在 6.1~-3.0 dB，夜間（22:00~07:00）的誤差均在 ± 3 dB 以內。除了 ASJ MODEL 1998 大竹預測結果外，其餘 DIN18005、RLS-90 雙流橋與大竹預測值及 ASJ MODEL 1998 雙流橋預測值均顯示夜間（22:00~7:00）與實測值的差值較大，推測可能係因為德國民眾生活習慣與駕駛行為與台灣地區不同，夜間權數須再因應國內狀況再做調整，不過預測本身已有不確定因子在內，小時交通量還是以實際調查為宜。

本研究依照美國高速公路局建議選擇交通噪音高於背景噪音達 4dB 以上的測點於無風晴朗天氣進行監測，測點涵蓋國道一號、國道三號及國道四號，路面種類有傳統與改良級配瀝清混凝土，交通資料調查方式有車輛偵測器與影像人工計數調查方式，測點距離有路邊 25 公尺與 1 公尺，預測結果發現國道一號北上 128.750 公里以 RLS-90 預測最接近實測值，誤差為 2.0dB，173.800 公里 2006 年 3 月 21 日以 RLS-90 預測最接近實測值；國道三號北上 132.600 公里以 DIN18005 預測最接近實測值，誤差分別為 0.0 dB、-0.2 dB、-1.0 dB，同方向 64.800 公里以 ASJ MODEL 1998 預測最接近實測值，誤差為 1.4 dB，同方向 84.600 公里以 DIN18005 預測最接近實測值，誤差為-2.5 dB；國道四號西向 7.800 公里以 ASJ MODEL 1998 預測值最接近實測值，誤差為 3.0 dB。

DIN18005、RLS-90 及 ASJ MODEL 1998 三種噪音預測模式在不同的測點的預測值可以得到 ± 3 dB 以內的誤差，美國的 TNM、德國的 RLS-90、DIN18005、日本的 ASJ MODEL 1998 等國外研究所指的調校程序係將實地調查的交通流量、車速、卡車組成比例代入噪音預測模式，預測時還須注意量測設備、距離、量測技術，以及公路路面對實測噪音的影響，這些噪音預測模式應用多年具有國際公信力，實不宜逕自以實測值直接調整模式中任何關係式，為求得到較接近實測的預測值，應於進行預測時以調查現況交通資料及實測小時均能音量進行試算，選擇至少兩種不同性質的預測模式（如 RLS-90 與 DIN18005 或 DIN18005 與 ASJ MODEL 1998 等），以相同的參數輸入資料，確認預測地點的噪音特性與環境狀況較適合的噪音預測模式，選擇誤差在 ± 3 dB 以內的噪音預測模式。

6.2 建議

日本音響學會道路交通調查委員會為發展 ASJ MODEL 1998 曾調查數千輛車不同速度的噪音變化量，建立屬於日本本土的車輛噪音關係式，我國目前使用的模式多為歐洲（如 CADNA-A、SOUNDPLAN）及美國的 TNM，這些模式內建的車輛噪音關係式或資料庫都以開發軟體本國的資料為主，建議國內道路或噪音管制主管機關或車輛測試中心未來可以將建立本土車輛噪音

關係式或資料庫列入研究重點，此外，有鑑於不同的預測模式預測結果有很大的差異，建議使用 CADNA-A、SOUNDPLAN、MITHRA 等電腦軟體進行噪音預測時，應明列所選的運算模式。

本研究只針對監測點特定小時進行噪音預測，並探討各種預測值與實測值差值的差異及校估方法，未來可再針對特定監測點長時間或全日進行預測，並與小時均能音量比對，探討單一測點逐時的誤差變化，以便瞭解不同時段駕駛型態對預測結果的影響；也可以再針對路塹、路堤、平面及高架等不同道路構造預測加以探討，尤其路塹構造在日本也是預測誤差較大的難以解決狀況，值得再做進一步研究。



參考文獻

※中文部分

1. 王文麟，交通工程學 理論與實務第三版，1993 年 9 月。
2. 徐耀賜，公路工程－理論與實務，國彰出版社，2002 年 12 月。
3. 徐淵靜，道路環境工程學初版，國立交通大學交通運輸研究所，1992 年 9 月。
4. 行政院環境保護署，<http://www.epa.gov.tw>。
5. 徐偉庭，道路交通噪音計算與量測值比較及改善研究，海洋大學系統工程暨造船學系，2000 年 6 月。
6. 習良孝，噪音模式於環工方面之整合、應用及檢討，中興工程顧問社，pp.2-1～2-2、pp.2-4～2-7、pp.4-5～4-13，1997 年 12 月。
7. 中華民國音響學會，噪音振動評估模式技術研討，行政院環境保護署 89 年度研究計畫，pp. 41～45，1999 年 12 月。
8. 施鴻志，都市聯外幹道交通噪音預測模式，運輸計畫第十卷二期，1981 年。
9. 張富南，公路斷面型態對交通噪音傳送的影響，成功大學碩士論文，1983 年。
10. 黃傳先，高速公路交通噪音之研究，國立交通大學，碩士畢業論文，1982 年。
11. 彭保華，台北市高架道路裝設防音牆之功能與材質研究報告，台北市政府工務局，1985 年 10 月。
12. 林栢村，公路鋪面型式對公路噪音之影響評估，逢甲大學交通工程與管理學系碩士班，2004 年 2 月。
13. 陳宗銘等，台九線南迴公路拓寬改善計畫，交通部公路局第三區工程處，1998 年。

※英文部分

1. Christopher W. Menge, Chrostopher F. Rossano, Grant S. Anderson, Christopher J. Bajdek, FHWA TRAFFIC NOISE MODEL TECHNICAL MANUAL, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, Feb. 1998。
2. Sacramento County Department of Environmental Review and Assessment and Bollard and Brennan, Inc., Effectiveness Of Rubberized Asphalt in Reducing

3. Traffic Noise , Sacramento County Department of Environmental Review and Assessment and Bollard and Brennan, Inc. , pp.3~4 , 1993 。
4. Brown-Buntin Associates, Inc. , ENVIRONMENTAL NOISE ANALYSIS IDAHO-MARYLAND MINE PROJECT , BBA Project No. 04-231 , Idaho-Maryland Mining Corporation , pp7~8 , December 13, 2004 。
5. Trent S. Dinn, E.I.T. , The Effects Of Meteorological And Ground Cover Conditions On Computer Modeling Of Environmental Noise , Proceedings Of The Alberta Energy And Utilities Board Conference, Calgary, Alberta, Canada , pp.3 , April , 2000 。
6. Lloyd, WAGGA WAGGA : Noise Assessment-Red Hill Road Extension, Johnstone Centre-Environmental Consulting, Charles Start University, 2003 。
7. A. Bhaskar , E. Chung , M. Kuwahara and Y. Oshino : Integration of road traffic noise model (ASJ) and traffic simulation (AVENUE) for built-up area , pp.5 、 pp.7 、 pp.8 , 2004 。
8. Trent S. Dinn, E.I.T. , The Effects Of Meteorological And Ground Cover Conditions On Computer Modeling Of Environmental Noise , Proceedings Of The Alberta Energy And Utilities Board Conference, Calgary, Alberta, Canada , pp.3 , April , 2000 。

※日文部分

1. 安東武夫等，自動車騒音の音響出力と交通流騒音との関連研究，日本運輸省交通公害研究所。
2. 日本音響學會道路交通噪音調查研究委員會，道路交通噪音的預測模式”ASJ Model 1998”，日本音響學會誌 55 卷 4 號，pp281~324，1999 。

※德文部分

1. Richtlinien für den Lärmschutz an Straßen RLS-90 , Forschungsgesellschaft für Straßen-und Verkehrswesen , Alfred-Schütte-Allee 10,5000 Köln 21 , Ausgabe 1981 。
2. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung 16. BImSchV) und Richtlinie für den Lärmschutz an Strassen RLS 90 Beides aus dem Jahre 1990 。
3. <http://www.soundplan.com> 。
4. <http://www.datakustik.de> 。
5. Normenausschuß Bauwesen (NABau) im DIN Deutsches Institut für Normung e.v. Normenausschuß Akustik und Schwingungstechnik (FSNAK) im DIN ,

6. Proection contre le bruit dans l'urbanisme ; méthodes de calcul , DIN 18 005
Teil 1 Mai 1987 Preisgr.15 °

