

第五章 高速公路進口匝道匯流區

目 錄

	頁次
5.1 緒論.....	5-1
5.2 分析對象.....	5-1
5.3 車流特性.....	5-3
5.3.1 速率、流率與密度之關係.....	5-4
5.3.2 車道變換頻次.....	5-6
5.3.3 車道使用分布.....	5-8
5.4 績效指標與服務水準劃分.....	5-9
5.5 分析方法.....	5-12
5.5.1 蒐集匝道匯流區實質幾何資料.....	5-14
5.5.2 蒐集分析時段交通資料.....	5-15
5.5.3 估計對等小車需求流率.....	5-16
5.5.4 界定匝道匯流區類型.....	5-19
5.5.5 計算匝道匯流區車道流率分布比例.....	5-21
5.5.6 計算匝道匯流區各檢核項之流率與容量.....	5-25
5.5.7 評估服務水準與分析匝道運作.....	5-30
5.6 應用例題.....	5-32
5.6.1 例題 1、獨立進口匝道匯流區.....	5-33
5.6.2 例題 2、進口匝道匯流區上游緊鄰另一進口匝道 匯流區.....	5-38
5.6.3 例題 3、進口匝道匯流區上游緊鄰另一出口匝道 分流區.....	5-44
5.6.4 例題 4、新建交流道之進口匝道方案評估.....	5-50
5.6.5 例題 5、新建交流道之最大服務流率與服務流量 分析.....	5-68
參考文獻.....	5-78
附錄 A 重要模式參、變數定義表.....	5-A-1

圖 目 錄

	頁次
圖 5.1 進口匝道匯流區型態示意圖	5-2
圖 5.2 空中拍攝畫面示意圖（中和交流道）	5-4
圖 5.3 中和交流道北上匯流區各車道速率與密度資料點散布圖 ..	5-5
圖 5.4 中和交流道北上匯流區各車道速率與流率資料點散布圖 ..	5-5
圖 5.5 中和交流道北上匯流區各車道流率與密度資料點散布圖 ..	5-6
圖 5.6 匯流區於不同車流狀態下之車道變換頻次圖	5-7
圖 5.7 車道變換累積機率圖	5-8
圖 5.8 進口匝道匯流區分析程序圖	5-13
圖 5.9 匝道匯流區幾何示意圖	5-15
圖 5.10 現場調查與 VD 偵測分類車種尺度對照示意圖	5-18
圖 5.11 高速公路進口匝道區與上、下游毗鄰匝道組合分類 示意圖	5-21
圖 5.12 匝道匯流區流率 v_F 、 v_{l2} ，以及流率比例 P_{FM} 示意圖	5-22
圖 5.13 上游進口匝道匯流區主線外側車流對下游進口匝道 匯入車輛之影響示意圖	5-24
圖 5.14 進口匝道匯流區車道流量檢核示意圖	5-26
圖 5.15 例題 1 幾何與交通資料	5-33
圖 5.16 例題 2 幾何與交通資料	5-38
圖 5.17 例題 3 幾何與交通資料	5-44
圖 5.18 例題 4 幾何與交通資料（方案一）	5-51
圖 5.19 例題 4 幾何與交通資料（方案二）	5-55
圖 5.20 例題 4 幾何與交通資料（方案三）	5-59
圖 5.21 例題 5 幾何與交通資料（情境 1）	5-69
圖 5.22 例題 5 幾何與交通資料（情境 2）	5-73

表 目 錄

	頁次
表 5.1 中和交流道北上匯流區各斷面位置之車道使用率	5-9
表 5.2 需求流率/容量比之服務水準等級劃分表	5-11
表 5.3 平均速率/速限比之服務水準等級劃分標準	5-11
表 5.4 匝道匯流區主線外側二車道之 P_{FM} 估算迴歸式表	5-23
表 5.5 進口匝道匯流區流率比例 P_{FM} 估算式表	5-25
表 5.6 公路速限與自由車流速率對照建議表	5-28
表 5.7 高、快速公路匝道匯流區檢核點容量建議表（未開放 使用路肩、平坦路段）	5-29
表 5.8 進口匝道容量建議表	5-30
表 5.9 應用例題彙整	5-33
表 5.10 例題 1 服務水準分析	5-34
表 5.11 例題 2 服務水準分析	5-39
表 5.12 例題 3 服務水準分析	5-45
表 5.13 例題 4 服務水準分析（方案一）	5-51
表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）	5-55
表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）	5-60
表 5.16 例題 4 各方案分析彙整	5-67
表 5.17 例題 5 對應檢核點主線外側二車道各級服務水準之 主線最大服務流率與服務流量（情境 1）	5-71
表 5.18 例題 5 對應檢核點全部車道各級服務水準之主線最 大服務流率與服務流量（情境 1）	5-72
表 5.19 例題 5 對應匝道匯流區檢核點各級服務水準之主線 最大服務流率與服務流量（情境 1）	5-72
表 5.20 例題 5 對應檢核點主線外側二車道各級服務水準之 進口匝道最大服務流率與服務流量（情境 2）	5-75
表 5.21 例題 5 對應檢核點全部車道各級服務水準之進口匝 道最大服務流率與服務流量（情境 2）	5-76

表 5.22 例題 5 對應匝道匯流區檢核點各級服務水準之進口 匝道最大服務流率與服務流量（情境 2）	5-77
--	------

5.1 緒論

匯流是兩股不同動向的車流相互銜接為單一動向的運作，常發生在高速公路進口匝道(on-ramp)與主線(freeway mainline)連接處，或兩條不同的車流設施合而為一之處，匝道匯流區常因匝道車輛之併流而造成交通瓶頸。

「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]第五章高速公路進口匝道路段，利用本所於民國 85 及 88 年在國道 1 號桃園、內壢、中壢三處進口匝道匯流區現場共蒐集約 14 小時交通資料，建立初步之分析方法。由於前述 3 處現場調查之交通資料大多屬中低流率狀況，民國 107~111 年本所再度探討進口匝道匯流區[2~5]，根據現場以及高速公路車輛偵測器蒐集之車流特性，建立高速公路中高流率進口匝道與主線匯流區之分析方法。

5.2 分析對象

高速公路進口匝道匯流區(on-ramp merge area)主要包括匝道匯入高速公路路段範圍之主線各車道與加速車道，進口匝道與高速公路之匯流處通常設有 200~400 公尺之加速車道。

進口匝道匯流區之幾何設計常隨匝道地點而變，圖 5.1 為常見之兩種匯流區主要類型，圖中之匝道匯流區係指主線車流尚未達容量或發生壅塞狀況前，受進口匝道匯入車流影響之區域。圖 5.1 之 A 點為連絡道進入匝道起點，B 點為主線與進口匝道交接之鼻端槽化線端點，C 點為加速車道漸變段(taper)起點，D 點為加速車道漸變段終點，E 點則為主線受進口匝道匯入車流影響較明顯之位置，大約在加速車道終點下游主線 100 公尺處。本章分析之匯流區為圖 5.1 中 B 點至 E 點間的區段，模式之建立與資料之蒐集雖以國內出現頻率最高之進口匝道類型為主，但分析程序仍可應用於其他匝道類型，以確保容量手冊之完整性。

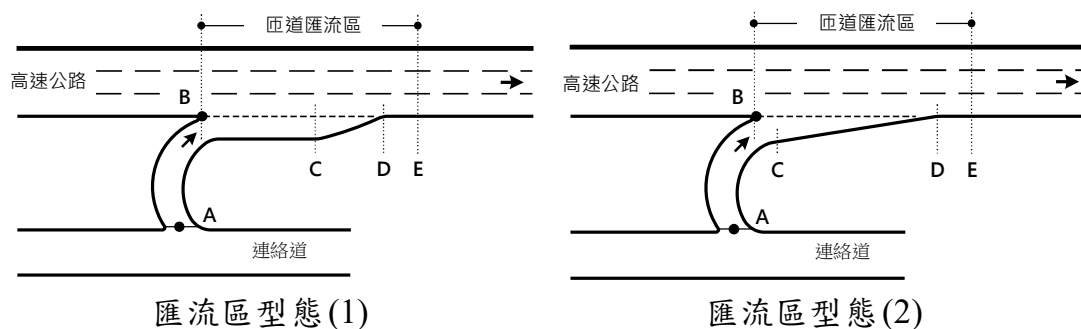


圖 5.1 進口匝道匯流區型態示意圖

從實質幾何來看，個別進口匝道匯流區，大都具有長度不等之加速車道，提供匝道車輛匯入高速公路主線之用，但當匯流區下游緊鄰分流區時，由於區段幾何型式很類似交織路段，車流連續匯入、分出的特性也很近似交織路段常見的交織流，進行設施規劃或運作分析時常會有採用何種分析法的困擾。

目前對進口匝道和下游出口匝道間路段所形成之連續匯、分流，以及交織路段交織流之間的區別並不明確，只知當一進口匝道匯流區下游緊鄰一出口匝道分流區時就會發生交織，但「緊鄰」程度並沒有明確的定義，故先從路段幾何結構的差異來選擇分析方法應是可行的原則。

一般而言，除相鄰交流道間進出車流比例較高路段外，進口匝道匯流區下游主線外側通常無輔助車道設計，且匝道匯流區段和上、下游主線大多會維持相同的車道數；而交織路段在上游入口與下游出口兩匝道之間通常有直通兩匝道之連續或局部輔助車道配置，其主線也常見車道擴增或縮減設計。因此，如果上、下游匝道間距不長，選用分析方法時的原則是：

- 當目前進口匝道之加速車道與毗鄰下游出口匝道之減速車道不相重疊，且無銜接兩匝道之直通輔助車道時，以該兩匝道為起、訖點之車流必須先由目前進口匝道匯入主線，再由主線分出至下游出口匝道，則目前進口匝道匯流區較適用本章分析方法論。
- 當目前進口匝道之加速車道與毗鄰下游出口匝道之減速車道間設有一條以上連續或局部輔助車道時，以該兩匝道為起、訖點之車流可由目前進口匝道，直接經該輔助車道進入下游出口匝道，基於此

上下游匝道之間的特殊車道布設與車流互動方式，可酌採交織路段分析方法論。

當進口匝道本身或其與毗鄰下游出口匝道間之路段，其上、下游主線具有其他較特殊車道布設型式時，建議先檢視進、出匝道車流之起訖特性，並參酌上列選用原則，再決定採用之分析方法。

5.3 車流特性

進口匝道匯流區之容量分析至少應考慮進口匝道與高速公路主線匯流區，以及匝道兩部分。本所鑑於「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]描述之國道 1 號桃園、中壢、內壢三處匝道所蒐集共 14 小時現調交通資料大多屬中低流率狀況，因而分別在民國 108 年[3]由獨立進口匝道匯流區幾何分類另篩選出國道 1 號新竹，以及國道 3 號頭屋、安坑、中和等四處匝道區，民國 109 年[4]再增加新店、中壢 A、中壢 B、三鶯等 4 處匝道區之交通調查，俾增加對匯流區中、高流率與壅塞車流狀況之取樣資料。

調查方法係採無人機空拍作業（畫面如圖 5.2 所示），再以電腦視覺方式，運用深度學習之影像辨識技術，分析空拍影像，萃取車流軌跡，並結合攝影測量技術，推算觀測區域內各重要車流特性參數。此調查方法的主要特色是突破過去固定觀察點的資料收集方式，能整理出不同斷面位置的車流特性資料，包括流率、速率、密度、變換車道等車流特性，能呈現車流特性在空間上的變化。以下分節說明匯流區之車流特性。



圖 5.2 空中拍攝畫面示意圖（中和交流道）

5.3.1 速率、流率與密度之關係

圖 5.3~5.5 分別為從國道 3 號中和交流道北上匯流區加速車道終點之主線下游約 100 公尺處所蒐集主線各車道（車道由內向外，依序編號為 1、2、3）未區分車種之車流資料，以 1 分鐘為單位繪製之平均速率與密度、平均速率與流率，以及流率與密度資料點散布圖，由這些散布圖可獲知以下資訊：

1. 穩定車流狀態進入壅塞狀況前，車流密度約為 10~20 輛/公里，車道 3 速率為 70~80 公里/小時，車道 2 約 80~90 公里/小時，車道 1 約 85~100 公里/小時，各車道速率隨密度上升而下降。
2. 進入壅塞狀況後，速率隨著密度上升而下降，在車流密度達 50~60 輛/公里時，各車道速率皆降至 20~30 公里/小時。
3. 在車流穩定且流率小於 1,000 輛/小時之下，車道 3 速率可維持在 75 公里/小時，車道 2 速率可維持在 85 公里/小時，車道 1 速率可維持在 95 公里/小時。
4. 車道 3 速率在流率 1,500~1,600 輛/小時開始大幅下降，車道 2 與車道 1 速率則在流率 1,900~2,000 輛/小時開始大幅下降，判斷為進入壅塞狀況。
5. 在車流穩定進入壅塞狀況前，車流密度在 20~25 輛/公里的情況下，車道 3 的流率可維持 1,300~1,500 輛/小時，車道 2 約 1,600~

- 1,900 輛/小時、車道 1 約 1,700~1,950 輛/小時。
6. 進入壅塞狀況後，流率與車流密度無明顯下降趨勢，當車流密度達到 40~70 輛/公里時，車道 3 能承受 1,500~1,800 輛/小時流率，車道 2 能維持在 1,600~1,900 輛/小時，車道 1 流率則維持在 1,600~2,000 輛/小時範圍內。

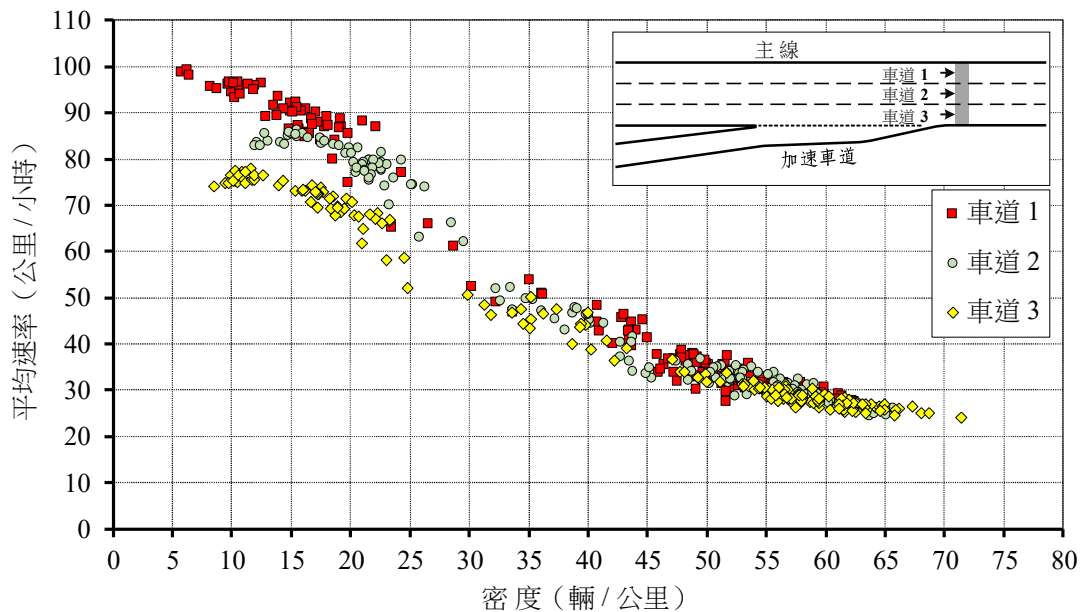


圖 5.3 中和交流道北上匯流區各車道速率與密度資料點散布圖

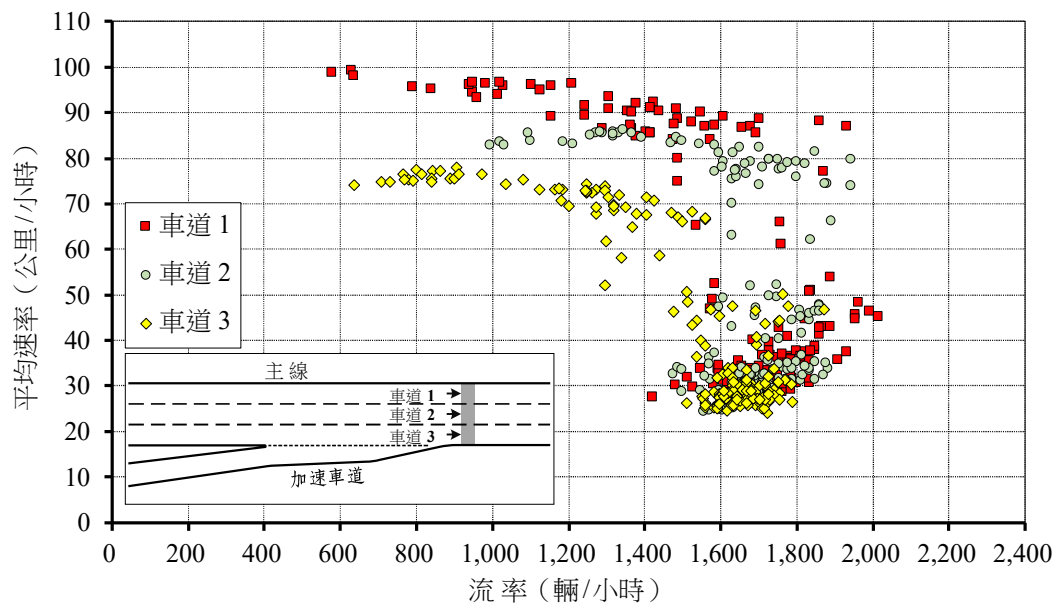


圖 5.4 中和交流道北上匯流區各車道速率與流率資料點散布圖

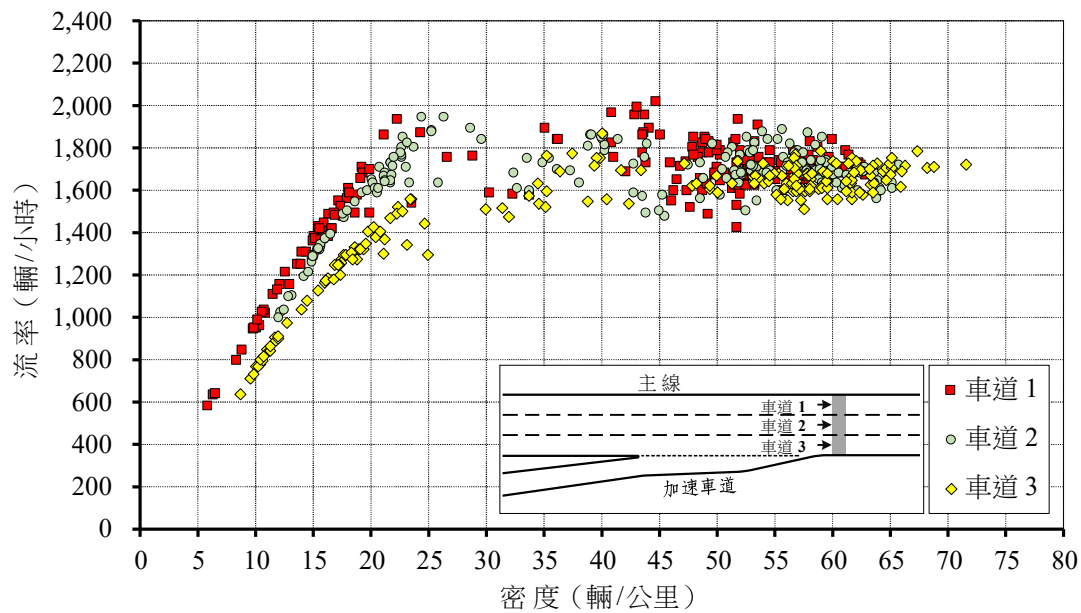


圖 5.5 中和交流道北上匯流區各車道流率與密度資料點散布圖

5.3.2 車道變換頻次

軌跡資料包含每一車輛於每一時階所在的車道，藉以計算與判斷車道變換之次數與方向；為確認車輛在匯流區各區間之車道變換趨勢，將整個匯流區段以每 50 公尺為一個區間進行劃分，並以車頭中心座標位置為判斷基準，紀錄各車輛進行車道變換的位置與頻次。

有關車道變換頻次如圖 5.6 所示，圖中變換車道的頻次大小以粗細線條呈現，對應關係如該圖右下方之圖示，各區間內之平均車流速度則以顏色表示之，對應關係如該圖左下方之圖示。

圖 5.6 顯示，車流愈壅塞，車輛會愈往內側車道移動，且在非壅塞之穩定車流的情況下主線之車流速度較高，匝道車流會於加速車道開端儘量匯入主線外側車道，但當主線較為壅塞時，則只能於加速車道中尋找機會匯入，而在主線壅塞情況下，匝道車流難以匯入主線，最後只能集中於加速車道終點強行併入。

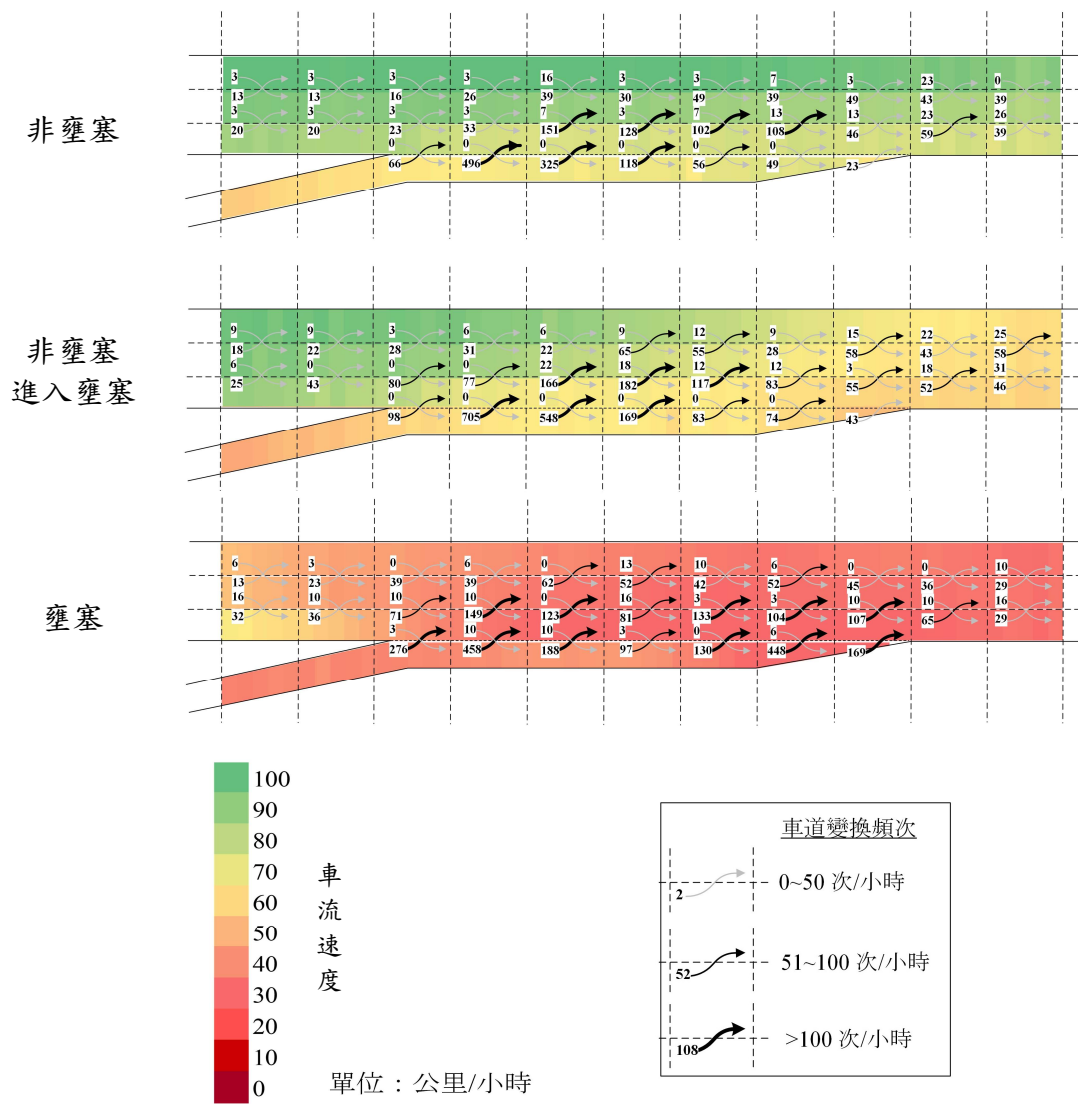
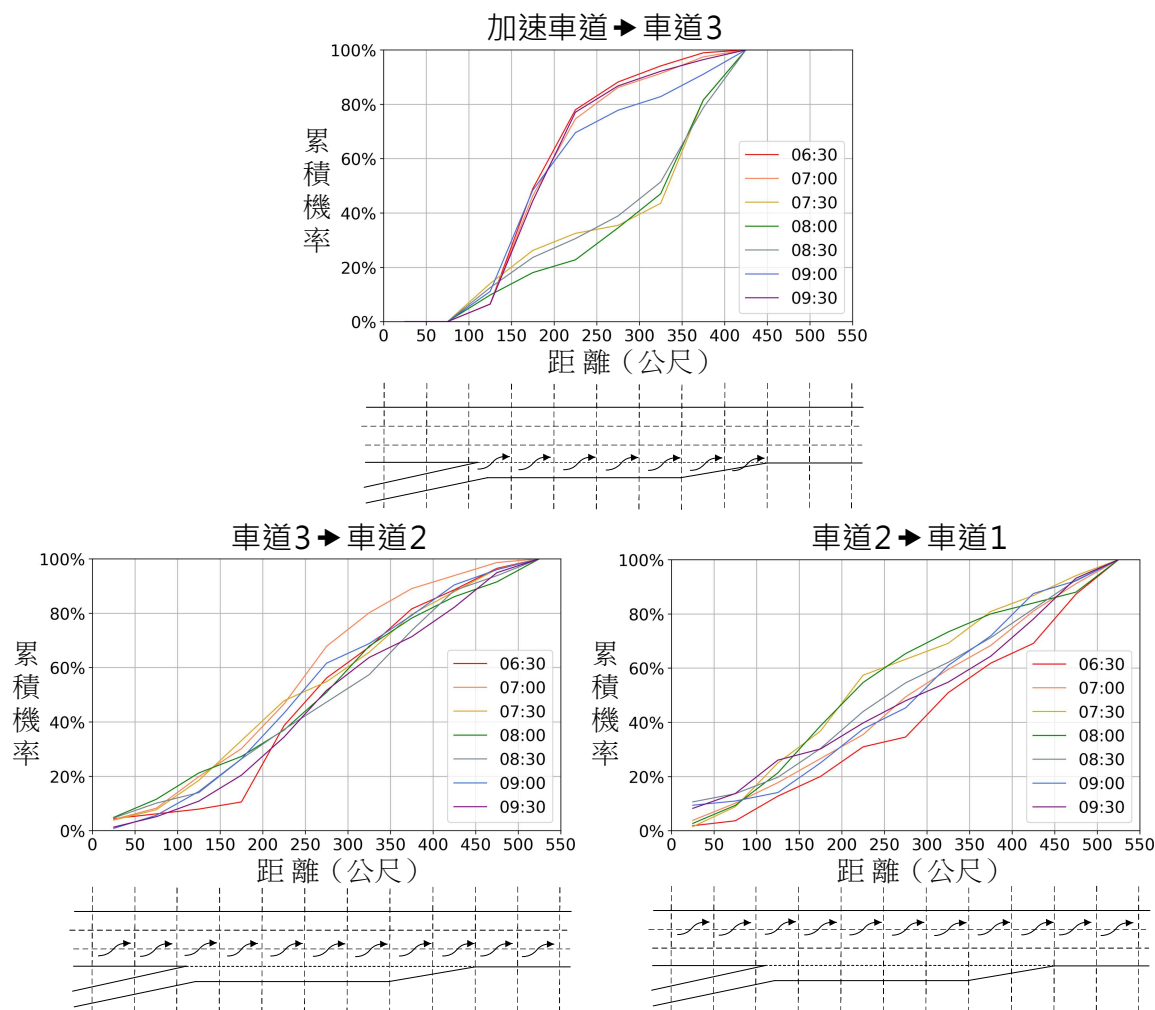


圖 5.6 匯流區於不同車流狀態下之車道變換頻次圖

圖 5.7 為不同時間車流轉換至相鄰車道（匝道編號為 0，主線車道由內向外，依序編號為 1、2、3）隨行駛距離之累積機率。其中，匝道/加速車道車輛在 06:30~07:00 與 09:00~09:30 非壅塞時段，約有 80% 在加速車道起點後約 150 公尺內進入車道 3；而在 07:30~08:30 壅塞時段，有超過 50% 車輛會在加速車道終點前約 100 公尺進入車道 3。另外，車道 3 進入車道 2、車道 2 進入車道 1 之車道變換行為在各區間（每 50 公尺劃分區段）則呈均勻分布。



註：主線車道由內向外依序編號 1、2、3

圖 5.7 車道變換累積機率圖

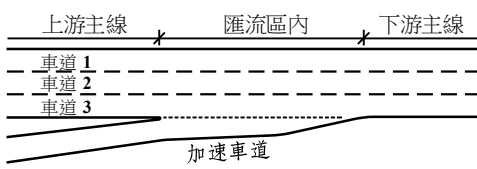
5.3.3 車道使用分布

本節所稱穩定車流為路段發生壅塞時，導致速率驟降、流率漸增至最高點前的車流狀況，當發生壅塞且流量驟降後之車流狀況即為壅塞車流。

表 5.1 為中和交流道匯流區在各斷面位置之主線車道使用率（車道由內向外，依序編號為 1、2、3），在穩定車流情況下，匯流區上游主線車道 1 流率約占主線總流率之 30~48%、車道 2 占 36~52%、車道 3 占 14~18%，車道 3 使用率明顯較車道 1 與 2 低很多。下游主線因受匝道匯入車流影響，車道 1、2 使用率分別下降至 23~37% 與 35

~44%，車道 3 使用率則上升至 24~31%。當進入壅塞車流時，匯流區上游主線車道 1 使用率為 33~48%、車道 2 下降至 30~46%、車道 3 則上升至 13~33%；至於下游主線則呈現與穩定車流相同的趨勢。

表 5.1 中和交流道北上匯流區各斷面位置之車道使用率

匯流區車道配置 示意圖					
		加速車道	車道 1 (內側)	車道 2 (中線)	車道 3 (外側)
上游主線	穩定車流	—	30~48%	36~52%	14~18%
	壅塞車流	—	33~48%	30~46%	13~33%
匯流區內	穩定車流	14~23%	18~33%	25~31%	20~33%
	壅塞車流	13~26%	23~32%	23~33%	17~30%
下游主線	穩定車流	—	23~37%	35~44%	24~31%
	壅塞車流	—	28~37%	29~40%	26~35%

5.4 績效指標與服務水準劃分

容量與服務水準是交通與運輸工程界最重要的兩個觀念，通常道路車流處在接近容量狀況下很容易發生運作不順暢或甚至癱瘓之情形。匝道與主線交會區段更因主線車輛與匝道匯入或分出車輛間的互動，在接近容量狀況下，車流中幾乎沒有多餘充足的間距，任何駛入車陣、或甚至變換車道的車輛，都會迫使後隨車輛減速來維持行車空間，因而會往上游產生一連串衝擊反應，直到車流中有足夠可用的空間、經過特定時間以吸收此衝擊為止。

服務水準 (Level of Service, LOS) 是美國在 1965 年為便於描述某一設施在現有或預計交通、公路幾何、控制狀況下的一般運作品質所引進的概念，以英文大寫字母 A~F 代表不同的服務等級，用來界定一個設施由最好到最壞的運作品質，這是一種傳達複雜的設施服務品質資訊給決策者和一般大眾的重要工具，其中服務水準 A 級描述非阻斷性車流設施的自由車流狀況(或阻斷性車流設施的低延滯狀況)，E 級描述車流處於或接近設施容量時的運作狀況，F 級則描述設施最

壞的運作狀況（例如路段下游回堵或短暫交通事故導致之交通癱瘓、上游需求流量超過瓶頸點紓解容量等，車輛在車陣中緩慢時走時停，運行狀況因不同干擾變化很大）。

現今每一種公路設施服務品質都可用一到數個容易實測且較受認同的績效指標 (Measure of Effectiveness, MOE) 來描述用路人對交通狀況的感受。將預計需求量與容量相比較是容量與服務水準分析中最常見的方式， v/c 值則是進行評估分析所依據的主要輸出值，可顯示目前或預計設施容量充足的程度， $v/c \leq 1.0$ 表示設施容量充足，故可反映在穩定車流狀況下的壅塞程度（即密度），其常以 A ~ E 五個等級劃分，反之， $v/c > 1.0$ 則係設施容量不足，以 F 級表之。

由於實際流量通常不會大於容量，故在預測的前提下， $v/c > 1.0$ 顯示設施可能的癱瘓狀態，亦即該服務設施無法適時疏解到達的交通需求，這種狀況會導致長等候車隊與發生高延滯。觀念上，當需求流率（目前或未來）與容量的比值 $v/c > 1.0$ 時，表示停等車隊預期將往問題路段的上游回堵，回堵車隊的長度與消散所需的時間視許多情況而定，包括 v/c 超過 1.0 的持續時間與超過多少等，也包括需求量在不同時間的高低變化形態，因為停等車隊只會在當需求量比路段容量小的時才開始消散；再者，一旦開始產生停等車隊，則駕駛人常會尋找替代道路來避開壅塞，因此 $v/c > 1.0$ 時，也可能會使需求型態發生動態偏移，因而會衝擊壅塞路段及其周邊道路的交通運作狀況。

在實測上，當車流處在壅塞狀況難以取得真正之需求流率，或運作在較陡之上坡道或半徑較小之平曲線段時，上述 v/c 值常無法反映以速率衡量的行車效率，因此本手冊另制定可描述平均速率相對於速限的比值，作為評估服務水準的第二項指標。

基於高速公路主線各組成設施之服務水準評估應根據同樣標準的原則，所以本章沿用第四章高速公路基本路段之雙評估指標（「需求流率/容量比」與「平均速率/速限比」），以及各服務水準等級之劃分標準，如表 5.2、5.3 所示。

表 5.2 需求流率/容量比之服務水準等級劃分表

服務水準	需求流率/容量比 (v/c)	狀況說明
A	$v/c \leq 0.25$	穩定車流，車輛很容易換道、匯入、分出，完全自由運作
B	$0.25 < v/c \leq 0.50$	穩定車流，駕駛人須稍留意，運作亦稍受其他車輛影響
C	$0.50 < v/c \leq 0.80$	穩定車流，駕駛人須多留意，各運作開始受其他車輛限制
D	$0.80 < v/c \leq 0.90$	車流仍穩定，速率下降，密度驟增，車輛運作受限很明顯
E	$0.90 < v/c \leq 1.00$	接近容量，車流幾無可用間距，運作稍有變化便即發生壅塞
F	$v/c > 1.00$	車流不穩定，緩慢車隊時走時停或回堵嚴重，運作變異甚大

表 5.3 平均速率/速限比之服務水準等級劃分標準

服務水準	平均速率/速限比 (S/S_L)	狀況說明
1	$S/S_L \geq 0.90$	很理想
2	$0.80 \leq S/S_L < 0.90$	良好
3	$0.60 \leq S/S_L < 0.80$	可接受
4	$0.40 \leq S/S_L < 0.60$	不理想
5	$0.20 \leq S/S_L < 0.40$	很不理想
6	$S/S_L < 0.20$	無法接受

其中平均速率/速限比（簡稱速率比）部分，鑒於：(1) 基本路段之一般平坦路段車道在穩定車流狀況下之平均速率相對於流量變化並不敏感，當 $v/c \leq 1.0$ 時，即服務水準在 A~E 級的情況下，平均速率與速限之比值偏高，以致速率比之服務水準會始終落在等級 1（很理想）至等級 2（良好）；(2) 目前匝道匯流區實測車流資料尚不足以發展在主線、進口匝道不同車道數與流率組合下之匯流區平均速率預測模式。因此，在規劃設計階段，預計 v/c 對應之服務水準大都訂在 C 或 D 級以上，可無需再引用此第二項指標；而在運作分析與評估階段，可在現場藉由 VD 或實測蒐集匝道匯流區段主線各車道之速率資料，據以計算各受評估車道之平均速率/速限比，進而決定速率比之等級。此外，在運作分析與評估階段，因需求流率難以調查（尤其路段壅塞時，調查所得僅為通過流量），若速率已大幅下降，亦表示車流呈壅塞狀態、需求流率/容量比 (v/c) 超過 1.0。因此，若能確認調查

流率並非需求流率，且第二項指標速率比等級不佳（如 4~6 級），則第一項指標 v/c 應為 F 級。

5.5 分析方法

本方法論主要經由判別匝道匯流區與上、下游匝道之組合類型，以對應之迴歸模式預估該類區段內特定車道之需求流率，據以評估區段內車流運作之服務水準。一般咸認進口匝道車輛在匯入主線前的操作特性會影響主線較外側車道之車流。由現場調查顯示，主線最外側 2 車道受影響程度最明顯，因此，本所研擬之分析方法論主要是經由確認之匝道類型，預估主線最外側二車道之流率比例，再以匯流區檢核點之車道最大服務流率檢核所估算之需求流率，產生服務水準評估結果；至於分析方法中提及之變數，另彙整於本章附錄 A 重要模式變數定義表。

應注意的是，某一匝道匯流區上、下游短距離內可能有其他進、出口匝道，其車流運作可能只受上（或下）游匝道區影響，也可能同時受上、下游匝道區影響。對於前者情況，僅需分析此匝道匯流區受上（或下）游匝道區影響的結果；對於後者情況，則需先對此匝道匯流區受上游和下游匝道區的影響分別進行分析，再取其中影響最大或績效最差者為分析結論。

匝道匯流區分析程序主要含 7 個步驟（如圖 5.8），各分析步驟依序列舉如下，並在以下各節說明：

1. 蒐集匝道匯流區實質幾何資料
2. 蒐集分析時段交通資料
3. 估計對等小車需求流率
4. 界定匝道匯流區類型
5. 計算匝道匯流區車道分布
6. 計算匝道匯流區各檢核項之流率與容量
7. 評估匝道匯流區服務水準與分析匝道運作

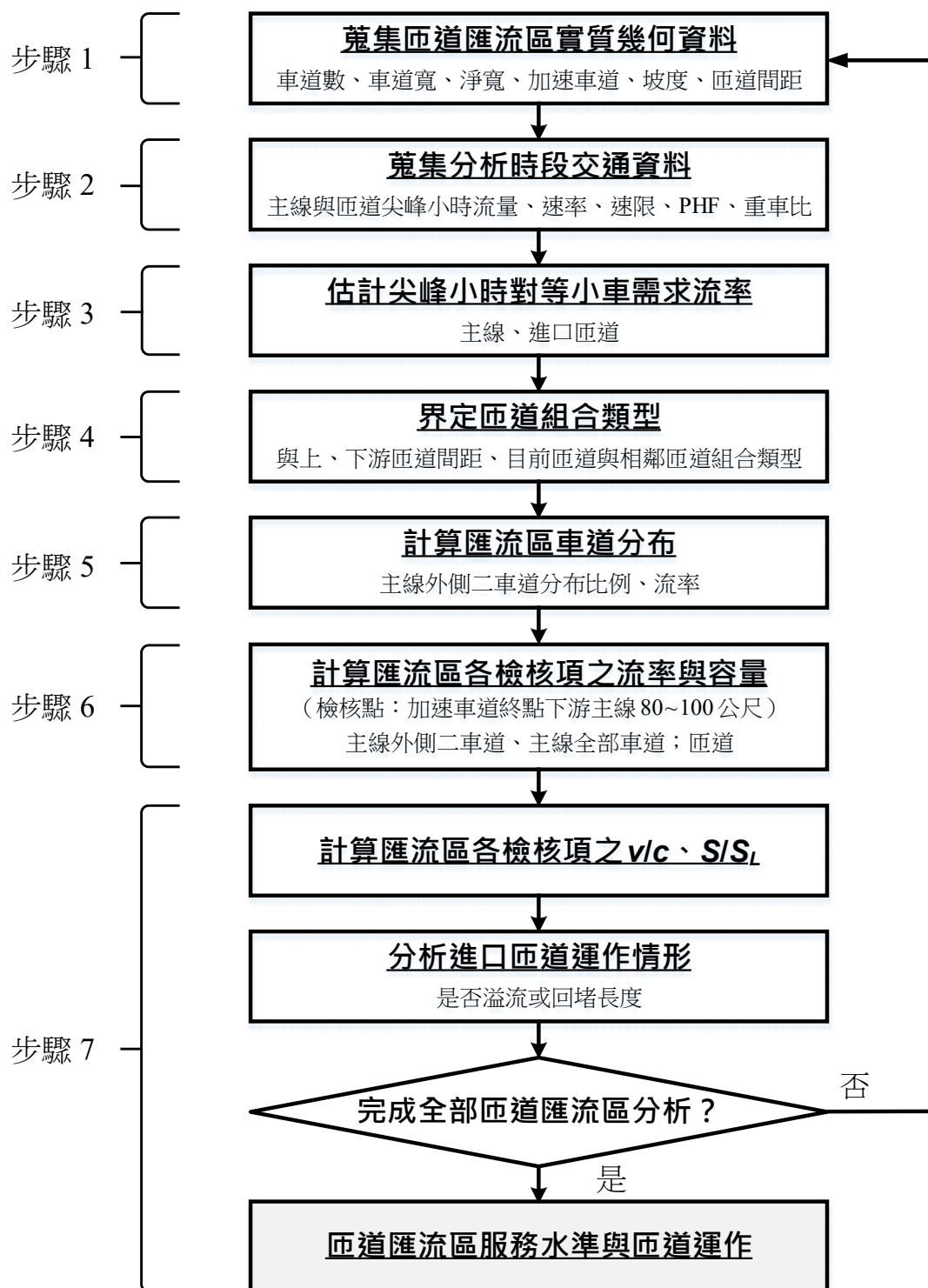


圖 5.8 進口匝道匯流區分析程序圖

5.5.1 蒐集匝道匯流區實質幾何資料

實質幾何資料分為預設基本狀況與現況兩部分：

1. 預設基本狀況資料

- (1) 車道寬 3.65 公尺以上
- (2) 內側路肩寬 1.0 公尺以上，外側路肩寬 3.0 公尺以上
- (3) 匝道匯流區位於平坦地區（坡度 $\leq 2\%$ ，坡道長 ≤ 500 公尺）
- (4) 匯流路段是直線路段的一部分

本項旨在確認分析路段是否符合分析方法之理想條件，彙集資料時應加留意。基本狀況資料用來檢視分析路段之幾何現況可達到理想交通運作的程度，本章方法論雖未探討目前分析路段在不全符合基本狀況之下，對實際道路車流運作的影響程度，惟因臺灣高速公路沿線視距，以及車道寬、側向淨寬等斷面設計的一致性甚高，應該大都會滿足基本狀況資料；對於在不符基本狀況下之分析，建議審慎檢視輸入資料差異程度，以及輸出結果之趨勢與合理性。

2. 現況實質幾何資料

- (1) 目前匝道匯流區之主線單向車道數 N_F
- (2) 目前匝道匯流區之進口匝道車道數 N_R
- (3) 目前匝道匯流區進口匝道之加速車道長度 L_A
- (4) 目前匝道匯流區與上、下游相鄰匝道之間距 D_U 、 D_D （若為獨立匝道匯流區，則其與上游和下游相鄰匝道之間距均預設為 $> 1,000$ 公尺）
- (5) 上游或下游匝道之類型（進口匝道或出口匝道）

本分析適用匝道匯流區主線單向車道數 $N_F=2、3、4$ 之狀況，匝道匯流區加速車道長度為加速車道全寬段與漸變段長度之和，其中加速車道長度 L_A 為由進口匝道鼻端槽化標線的終點往下游至加速車道漸變段終點之距離（如圖 5.9），而目前匝道匯流區與上游（或下游）匝道之間距係以兩相鄰匝道實體槽化島之槽化標線端（相當於圖 5.9 之匯入點）為量測基準點，若進口匝道槽化標線端另有劃設禁止換道標線，則量測基準點應往下游延伸至該禁止換道標線終點。相鄰匝道間距量測值是確認目前匝道匯流區是

否獨立的依據，若再結合匝道匯流區上、下游各相鄰匝道類型資訊，便是分析匝道匯流區車道流率分布是否受上、下游匝道進、出車流影響的重要資料。

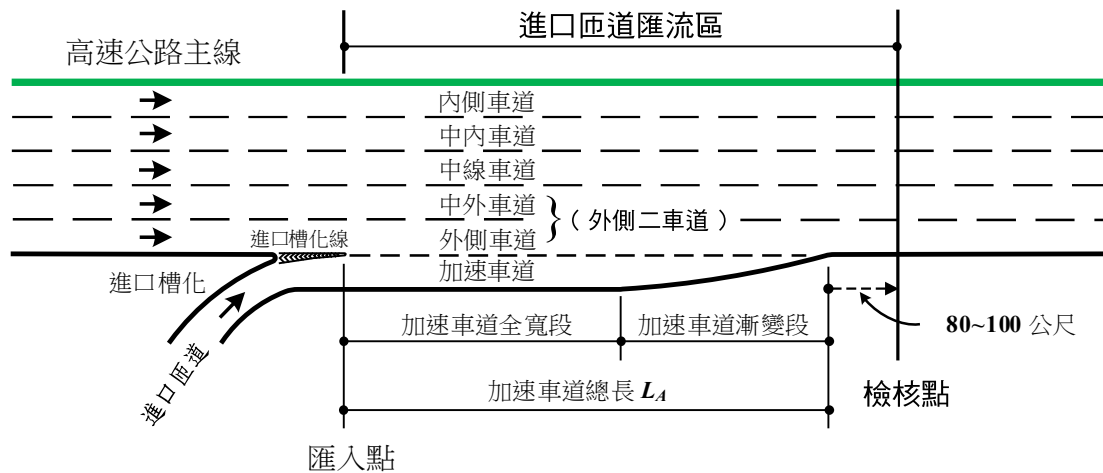


圖 5.9 匝道匯流區幾何示意圖

5.5.2 蒐集分析時段交通資料

各匝道區分析時段交通資料包括：

1. 目前匝道匯流區與上、下游相鄰匝道之主線尖峰小時交通量與車種比例（分為小型車、大型車、聯結車等三種車型）
2. 目前匝道匯流區與上、下游相鄰匝道之進（出）口匝道尖峰小時交通量與車種比例（分為小型車、大型車、聯結車等三種車型）
3. 各匝道區上游主線與進（出）口匝道之尖峰小時係數 (PHF)
4. 目前匝道匯流區主線外側兩車道、全部車道之平均速率
5. 各匝道區主線與進（出）口匝道之速限

交通實務上，為瞭解特定公路設施的運作特性或問題，常會設定較長的分析期間（通常大於 1 小時）以蒐集交通資料。在此期間內，進入分析公路設施或區域內之總流量中，流量最大的那一小時被稱為「尖峰小時 (peak hour)」，而該小時內的流量值稱為「尖峰小時流量 (peak hour volume)」。

由於此流量可能接近公路設施的最大通行能力，

並可能顯示設施運作中的問題，因此尖峰小時流量常被交通專業人員做為交通設計與運作分析的重要參考。

尖峰小時內的車流運作品質常與短時間內交通需求的波動有關，儘管公路設施整個小時的容量可能足以應對該小時的總需求量，但車流在該小時內某些短暫時段的尖峰需求可能會超過容量，車流會進入不穩定之壅塞狀態，導致設施運作效率顯著下降。一般而言，短於一小時的流量資料通常以對等小時流率(equivalent hourly flow rate)表示，在交通實務中，以 15 分鐘作為標準時段最為常見，因為此時段被公認能提供統計穩定的車流參數（流率、速率、密度）。統計穩定(statistically stable)指經校估後的參數關係維持合理性，即使在高速公路的運作分析上，有觀點支持可採 5 分鐘車流資料進行分析，然而，實務上仍多以 15 分鐘作為標準時段。

某一行車路段或方向在尖峰小時內，「平均」15 分鐘流率與該小時內「最大連續」15 分鐘流率的比值稱為尖峰小時係數(Peak Hour Factor, PHF)，此係數可描述該路段或方向在尖峰小時可能的最大需求量。在匝道區分析中，PHF 可用於由尖峰小時流量估算該小時內的最大需求量（即需求流率，demand flow rate）。然而，主線與匝道的最大 15 分鐘流率可能發生於不同時間點，因此匝道區的分析需要合併主線與匝道的需求流率，並將 PHF 納入計算，以反映匝道區在最大流率情境下的運作狀況，進一步掌握其最差的服務品質與潛在問題，作為規劃設計與對策研擬的依據。同時，為確保分析參數（如流量與容量）單位一致，匝道區各路段的需求流率通常需要進行車種調整，轉換為對等之純小客車流率（即小車需求流率；passenger car demand flow rate），以便更準確地評估其相對之需求水平與運作品質。

至於主線與匝道的速限可分別用來預估對應之自由車流速率，並據以界定目前匝道匯流區主線與匝道的容量，而匝道的自由車流速率則會影響主線車輛選擇行駛較外側車道的比例。

5.5.3 估計對等小車需求流率

一、界定大型車種（大型車、聯結車）當量

由於在民國 108 年現場調查[3]對各匯流區調查地點的大型車種

比例大都在 10% 以下，幾乎對車流運作無影響，故在分析各調查期間流率的依時變化型態，以及發展各調查地點的車道流率分布模式時，並未區分車種。民國 109 年[4]新增 4 處匯流區現調資料，並蒐集更多地點之長時間車道 VD 依時資訊，可對較高比例大型車種對車流的影響進行校驗。由分類車種流量資料可獲得大型車種（大貨車、聯結車）的比例，進而由大型車種當量，將尖峰小時流量（輛/小時）轉換成尖峰小時對等小車需求流率（小車/小時）。

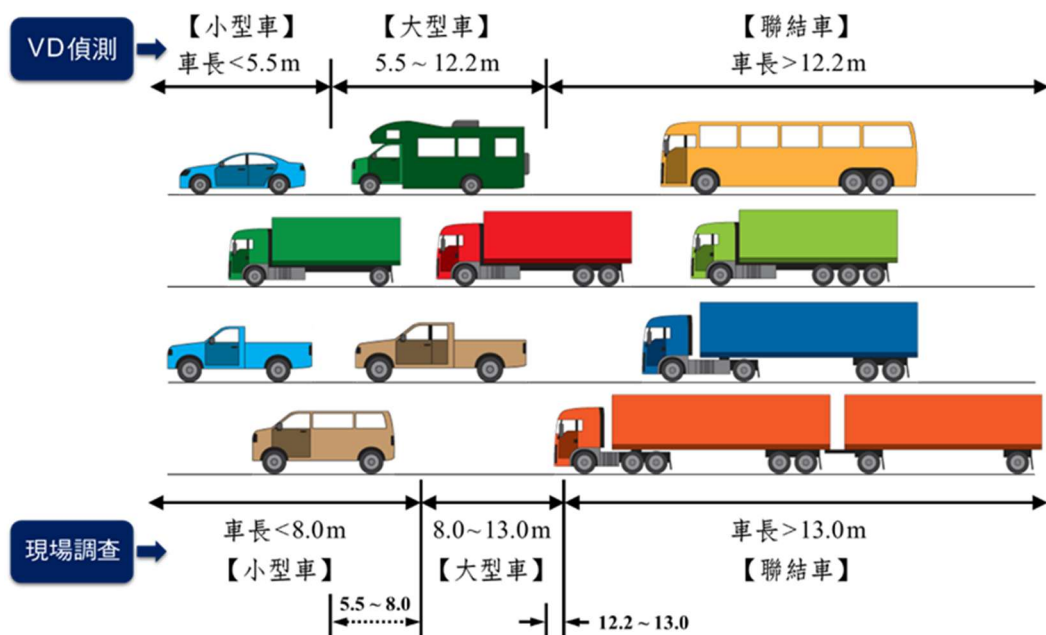
在界定大型車輛之車種當量值 (PCE) 時，係採現場空拍影像辨識車體尺度方式判讀，並比對 ETC 資料之小客車與小貨車、大客車與大貨車，以及聯結車比例，幾經測試調整後，現場資料之車種以小型車長 < 8.0 公尺，8.0 公尺 ≤ 大型車長 ≤ 13.0 公尺，聯結車長 > 13.0 公尺進行劃分。另酌參「2011 年臺灣公路容量手冊」第四章[1]，其估計速率 80 公里/小時、車長 15 公尺大車之小車當量值 (PCE) 為 1.5，而為避免低估大車之影響，亦建議可用稍高之當量值（如 2.0）。

考量上述車長、小車當量值範圍，本章容量分析之車種當量 (PCE) 值設定如下：

- 小型車（小客車、小貨車） $E_P = 1.0$
- 大型車（大客車、大貨車） $E_T = 1.6$
- 聯結車 $E_C = 2.0$

惟現行高速公路 VD 偵測車種是以小型車長 < 5.5 公尺，5.5 公尺 ≤ 大型車長 ≤ 12.2 公尺，聯結車長 > 12.2 公尺進行劃分，顯然在定義大型車種長度上與現場調查有落差（如圖 5.10），且經比對國道 3 號中和交流道主線鄰近 VD 布設點上、下游 ETC 門架依時車種資訊，發現 VD 偵測大型車之比例較 ETC 判讀為大客與大貨車之比例高出約 13~33%（平均 24%），即現場調查車長介於 5.5~8.0 公尺小型車有相當高比例被 VD 判定為大型車，以致可能誤估大型車數，而 VD 偵測聯結車比例與 ETC 資料差異則不大。

因此，進行各類大車轉換為對等小車流率時，如果流量資料取自 VD 數據，建議檢視其中大型車類數量中可能屬於小型車類之比例（例如以 ETC 資料比對），預作調整，以免誤計對等小車總流率。



(車型圖例資料：美國 FHWA 官網)

圖 5.10 現場調查與 VD 偵測分類車種尺度對照示意圖

二、估計對等小車需求流率

交通特性資料需求如下：

- 匝道區上游主線、匝道之尖峰小時流量； V_F 與 V_{ON} (單位：輛/小時)
- 匝道區主線、匝道之尖峰小時係數； PHF_F 與 PHF_{ON}
- 匝道區主線之大型車、聯結車比例； $P_{T(F)}$ 與 $P_{C(F)}$
- 匝道之大型車、聯結車比例； $P_{T(ON)}$ 與 $P_{C(ON)}$
- 大型車、聯結車當量值； E_T 與 E_C
- 主線重型車 (含大型車、聯結車) 車型調整因素 $f_{HV(F)}$

$$f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + (E_T - 1) \cdot P_{T(F)} + (E_C - 1) \cdot P_{C(F)}} \quad (5.1)$$

- 進口匝道重型車 (含大型車、聯結車) 車型調整因素 $f_{HV(ON)}$

$$f_{HV(ON)} = \frac{1}{1 + (E_T - 1) \cdot P_{T(ON)} + (E_C - 1) \cdot P_{C(ON)}} \quad (5.2)$$

匝道區上游主線 (或進口匝道) 對等小車需求流率 v_F (或 v_{ON}) 可將主線 (或進口匝道) 尖峰小時流量 V_F (或 V_{ON}) 經大型車、聯結

車當量 (E_T 、 E_C) 調整後，除以對應之尖峰小時係數 PHF_F (或 PHF_{ON}) 而得，若其他實質幾何 (如車道寬、淨寬、坡度等) 近乎基本狀況而不考慮調整，則：

- 匝道區上游主線之對等小車需求流率 v_F

$$v_F = \frac{V_F}{f_{HV(F)} \cdot PHF_F} \quad (\text{單位：小車/小時}) \quad (5.3)$$

- 進口匝道之對等小車需求流率 v_{ON}

$$v_R = v_{ON} = \frac{V_{ON}}{f_{HV(ON)} \cdot PHF_{ON}} \quad (\text{單位：小車/小時}) \quad (5.4)$$

5.5.4 界定匝道匯流區類型

本所在民國 107 年辦理「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」[5]時，曾對國道 1、3 號沿線匝道位置、運作屬性、幾何現況等進行資料蒐集、建檔、統計。根據國道 1 號、3 號沿線雙向各進出口匝道的幾何型態與分布位置，在決定各個匝道區究屬獨立與否時，因國內尚無此類車流行為研究資訊，故以 2016 年美國公路容量手冊[6]所界定之 1,500 呎 (約 460 公尺) 做為進、出口匝道影響區範圍，根據此距離原則，若主線上、下游兩匝道相互緊鄰，以致車流可能會相互影響時，此相鄰兩匝道影響範圍至多為 3,000 呎 (約 910 公尺，以 1,000 公尺計)，此為單純由靜態匝道間距考量。

民國 108、109 兩年期後續計畫[3,4]分別以獨立匝道區和相鄰匝道區為調查分析對象，亦依上項距離原則，當某匝道上、下游 1,000 公尺範圍內無其他進口或出口匝道時，則視其為獨立匝道區；若某匝道上、下游 1,000 公尺範圍內有其他進口或出口匝道，則因可能受這些上、下游匝道進出車流之影響，故視其為非獨立匝道區。

值得說明的是美國在 2000 年後經相關研究[7]對上述獨立相鄰匝道間距 1,000 公尺靜態值之檢討，認為匝道影響範圍會隨主線流量、進出口匝道流量、加速車道長度、匝道自由車流速率等因素而變，兩相鄰匝道雖然相近，卻也有可能獨立互不影響。因而進一步發展了在這些因素之下，兩相鄰匝道互不影響之對等間距模式，藉以研判目前匝道之獨立性，並決定估計匝道區主線外側二車道流率 (v_{12}) 所需採

用之模式。

目前匝道區是獨立或非獨立的認定結果，會影響後續所採用的匝道區外側兩車道流量分配比例(P_{FM})模式。本方法論因受限匝道區車流樣本，目前尚未建立類似上述之對等間距模式，且民國 109 年之研究[4]因國道 1、3 號沿線相鄰匝道區調查地點有限，尚無法正確反映匝道間距影響車流運作之相關因素，故建議仍採用前述兩相鄰匝道車流可能相互影響之靜態間距 1,000 公尺做為界定獨立匝道區的原則。

綜合上述，上、下游相鄰匝道進出車流可能影響目前進口匝道匯流區之車流運作，本章分析將進口匝道匯流區與上、下游鄰近匝道之間距，以上述 1,000 公尺做為分界準則，依上游 1,000 公尺內有或無進出口匝道，以及下游 1,000 公尺內有或無進出口匝道，共區分為 9 種匝道組合類型，如圖 5.11 所示，各匝道類型說明如下：

- On-1：獨立進口匝道區

上、下游 1,000 公尺內均無進出口匝道

- On-2：進口匝道區緊鄰下游進口匝道

上游 1,000 公尺內無進出口匝道、下游 1,000 公尺內有進口匝道

- On-3：進口匝道區緊鄰下游出口匝道

上游 1,000 公尺內無進出口匝道、下游 1,000 公尺內有出口匝道

- On-4：進口匝道區緊鄰上游進口匝道

上游 1,000 公尺內有進口匝道、下游 1,000 公尺內無進出口匝道

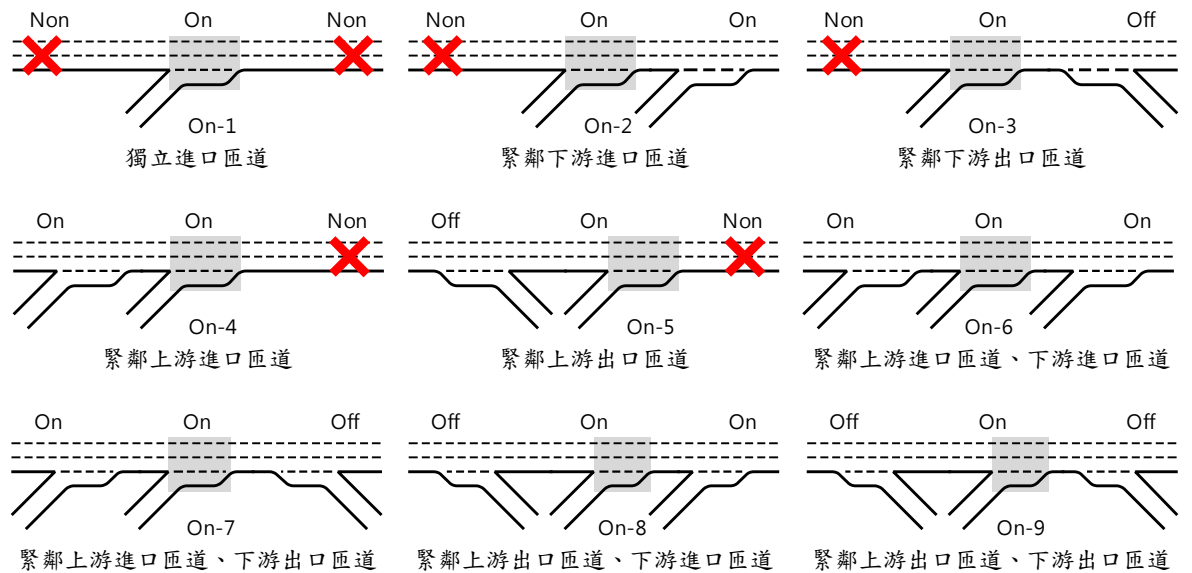
- On-5：進口匝道區緊鄰上游出口匝道

上游 1,000 公尺內有出口匝道、下游 1,000 公尺內無進出口匝道

- On-6：進口匝道區緊鄰上游進口與下游進口匝道

上游 1,000 公尺內有進口匝道、下游 1,000 公尺內有進口匝道

- On-7：進口匝道區緊鄰上游進口與下游出口匝道
上游 1,000 公尺內有進口匝道、下游 1,000 公尺內有出口匝道
- On-8：進口匝道區緊鄰上游出口與下游進口匝道
上游 1,000 公尺內有出口匝道、下游 1,000 公尺內有進口匝道
- On-9：進口匝道區緊鄰上游出口與下游出口匝道
上游 1,000 公尺內有出口匝道、下游 1,000 公尺內有出口匝道



附註：On 進口匝道 Off 出口匝道 Non 無任何匝道 On-x 第 x 類進口匝道匯流區

圖 5.11 高速公路進口匝道區與上、下游毗鄰匝道組合分類示意圖

5.5.5 計算匝道匯流區車道流率分布比例

圖 5.9 將高速公路進口匝道匯流區主線行車方向車道由內而外劃分為內側、中內、中線、中外、外側等車道；本章將其中中外與外側兩車道合併統稱為外側二車道，其為匯流區流率分布估計模式之主要分析車道；若主線行車方向僅設兩車道，則仍視其為外側二車道進行分析。

一、匝道匯流區車道流率分布估計模式

匝道匯流區上游主線小車需求流率 v_F 、主線外側二車道小車需求流率 v_{12} ，以及進入匝道區內主線外側二車道流率比例 P_{FM} 如圖 5.12 所示。

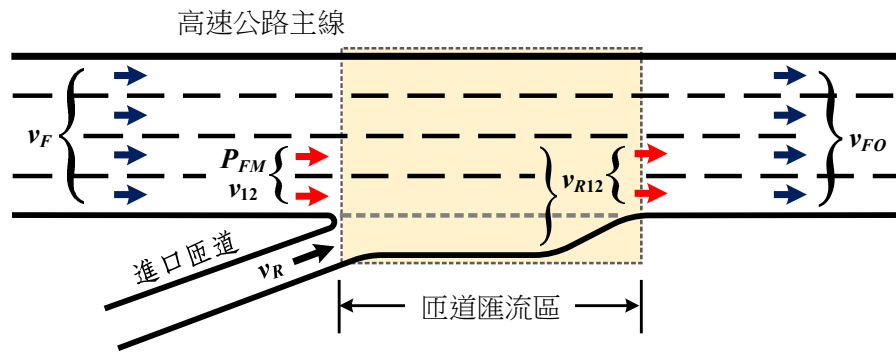


圖 5.12 匝道匯流區小車需求流率 v_F 、 v_{12} ，以及流率比例 P_{FM} 示意圖

匝道匯流區主線外側二車道流率 v_{12} 之計算公式如下：

$$v_{12} = v_F \cdot P_{FM} \quad (5.5)$$

其中 v_{12} = 進入匯流區上游主線外側二車道小車需求流率 (小車/小時)

v_F = 進入匯流區上游主線總小車需求流率 (小車/小時)

P_{FM} = 進入匯流區上游主線總流率中，仍留在主線外側二車道之比例

上式中，主線外側二車道流率比例 P_{FM} 估算式如表 5.4 所示。

表 5.4 匝道匯流區主線外側二車道之 P_{FM} 估算迴歸式表

算式編號	P_{FM} 估算式
估算式 1	$P_{FM} = 1.00$ (5.6)
估算式 2	$P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_A - 0.000073 \cdot v_R$ (5.7)
估算式 3	$P_{FM} = \frac{0.9813 \cdot (v_{12}^U + v_R^U)}{v_F^U + v_R^U}$ (5.8)
估算式 4	$P_{FM} = 0.5581 + 0.000055 \cdot L_A - 0.0000095 \cdot v_R + 0.000042 \cdot D_U$ (5.9)
估算式 5	$P_{FM} = 0.3263 + 0.000088 \cdot L_A - 0.0000023 \cdot v_R$ (5.10)

註： L_A = 進口匝道之加速車道長度（公尺）

v_R = 進口匝道之小車需求流率（小車/小時）

v_{12}^U = 上游進口匝道區主線外側二車道之小車需求流率（小車/小時）

v_R^U = 上游進口匝道區匝道之小車需求流率（小車/小時）

v_F^U = 上游進口匝道區主線之小車需求流率（小車/小時）

D_U = 分析匝道區與上游相鄰匝道之間距（公尺）

表 5.4 之 P_{FM} 估算式 3、4 主要應用於目前匝道匯流區主線為單向三車道，緊鄰上游匝道分別為進口、出口匝道的情形，計算 P_{FM} 時應注意：

(1) P_{FM} 估算式 3（上游緊鄰一進口匝道）

民國 109 年之實證分析顯示[4]若相鄰上游進口匝道過近，則由該匝道匯入主線的車流會對緊鄰的下游進口匝道匯流區車流運作造成影響（如圖 5.13），故估算式 3 之參數定義如下：

v_{12}^U ：進入上游進口匝道區主線外側二車道之小車需求流率（小車/小時）；分析顯示上游進口匝道車流通常不受下游進口匝道之影響，故若上游進口匝道區可視為一獨立匝道區段，則其主線外側二車道之流率分布比例便可以表 5.4 估算式 2 估計，進而估算得 v_{12}^U 。

v_R^U ：上游進口匝道區匝道之小車需求流率，採現場調查或 VD 資料（小車/小時）。

v_F^U ：進入上游進口匝道區主線之總小車需求流率（小車/小時）；

可採用現場調查或 VD 資料，或以進入目前匝道匯流區主線之總流率 (v_F) 減去上游進口匝道流率估算之，即 $v_F^U = v_F - v_R^U$ 。

分析此類型匝道時，應同時比較估算式 2 (匝道獨立) 與估算式 3 (匝道非獨立) 之 P_{FM} 值，取兩者之較大值。

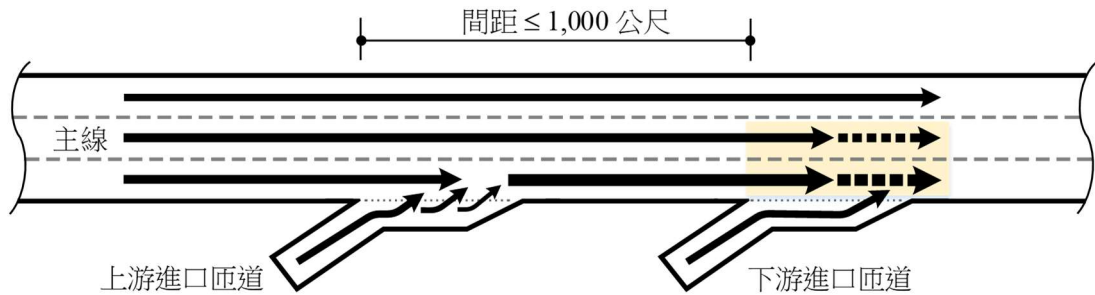


圖 5.13 上游進口匝道區主線外側車流對下游進口匝道匯入車輛之影響示意圖

(2) P_{FM} 估算式 4 (上游緊鄰一出口匝道)

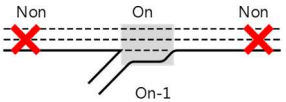
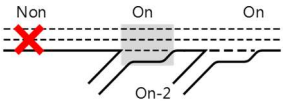
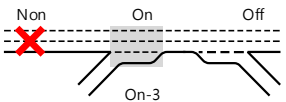
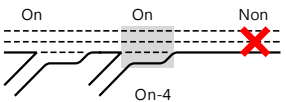
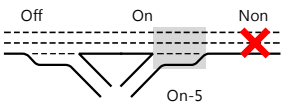
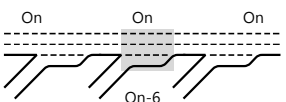
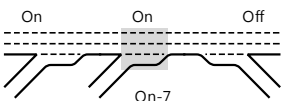
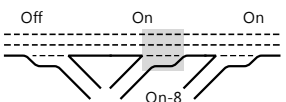
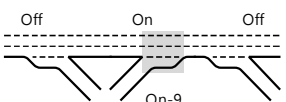
本估算式中， L_A 為目前匝道區加速車道的長度， D_U 為目前匝道區與上游相鄰匝道之間距。現調顯示若相鄰上游出口匝道過近，則上游主線車流多會先換道至較內側車道，以致上游出口匝道愈靠近目前匝道匯流區，則 P_{FM} 值應愈低。因本估算式之匝道間距 D_U 係數為正，故建議在分析此類型匝道時，同時比較估算式 2 (匝道獨立) 與估算 4 (匝道非獨立) 之 P_{FM} 值，取兩者之較小值。

二、流率比例 P_{FM} 估算式之選擇

相鄰匝道之間距、個別匝道類型等會對主要分析匝道區產生影響。根據不同主線車道數，以及上、下游相鄰匝道型態與分布， P_{FM} 估算式之選擇如表 5.5。

在發展流率分布預測模式時，一方面受限於國內並無某特定類型之匝道，或該類型匝道數量太少 ($<1.0\%$) 而未能發展估算式，一方面因為現場調查車流數據資料不足、匝道區附近 VD 群組未能通過流量型態檢核、迴歸式變數之係數檢定不顯著，或模式係數符號、數值不合理等因素而未能發展估算式，當分析之匝道類型屬這些情況時，表 5.5 會以主線車道數相同之獨立匝道估算式，或以相鄰匝道幾何型態類似之匝道區建議採用之 P_{FM} 估算式。

表 5.5 進口匝道匯流區流率比例 P_{FM} 估算式表

編號	匝道類型	匝道位置			主線 P_{FM} 估算式		
		上游	中間	下游	2 車道	3 車道	4 車道
On-1		無	進口	無	估算式 1	估算式 2	估算式 5
On-2		無	進口	進口	估算式 1	估算式 2	估算式 5
On-3		無	進口	出口	估算式 1	估算式 2	估算式 5
On-4		進口	進口	無	估算式 1	估算式 2* 估算式 3	估算式 5
On-5		出口	進口	無	估算式 1	估算式 2* 估算式 4	估算式 5
On-6		進口	進口	進口	估算式 1	估算式 2* 估算式 3	估算式 5
On-7		進口	進口	出口	估算式 1	估算式 2* 估算式 3	估算式 5
On-8		出口	進口	進口	估算式 1	估算式 2* 估算式 4	估算式 5
On-9		出口	進口	出口	估算式 1	估算式 2* 估算式 4	估算式 5

註：1. 本表各估算式編號係引用表 5.4 之算式編號

2. P_{FM} 取估算式 2 與 3 兩者之較大值

3. P_{FM} 取估算式 2 與 4 兩者之較小值

5.5.6 計算匝道匯流區各檢核項之流率與容量

一、匝道匯流區檢核點與檢核項

圖 5.9 之檢核點係依據民國 108 年[3]匝道匯流區臨界點分析結果所研訂之匯流區主要運作狀況檢核斷面，匯流區檢核點位於加速車道終點之主線下游約 80~100 公尺範圍，此為進行車道流量檢核，以及

評估車道服務水準的建議位置。

匝道匯流區有 3 個檢核項需進行流量檢核（如圖 5.14 所示），包括：(1)檢核點主線外側二車道；(2)檢核點主線全部車道，以及(3)進口匝道。

二、匝道匯流區各檢核項之流率估計

匝道匯流區 3 個檢核項之流率估計方式說明如下：

1. 檢核點主線外側二車道小車需求流率 $v_{R12} (= v_{12} + v_R)$ （如圖 5.14 ①）
等於（匝道匯流區上游主線外側二車道小車需求流率 v_{12} ）+（進口匝道小車需求流率 v_R ）；若主線車道數 $N_F = 2$ ，則 $v_{R12} = v_F + v_R = v_{FO}$ 。
2. 檢核點主線全部車道小車需求流率 $v_{FO} (= v_F + v_R)$ （如圖 5.14 ②）
等於（匝道匯流區上游主線全部車道小車需求流率 v_F ）+（進口匝道小車需求流率 v_R ）。
3. 進口匝道小車需求流率 v_R （如圖 5.14 ③）
等於匝道全部車道之總小車需求流率。

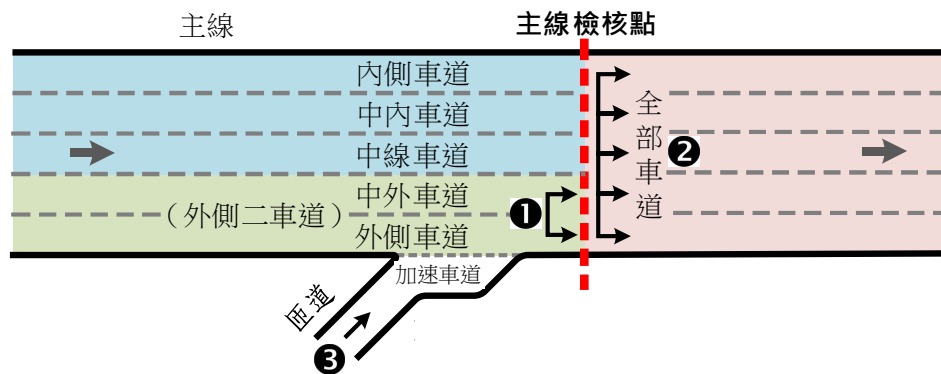


圖 5.14 進口匝道匯流區車道流量檢核示意圖

三、匝道匯流區檢核點容量

1. 自由車流速率之估計

設計速率是指車輛在公路情況良好時，所能維持的最高安全速率，實務上，公路線形各部分設計（如曲線的曲率、彎道的超高、視距等）很多是以設計速率為依據，在考慮配合自然地形、兩旁土地使用、公路型式、環境品質、美觀等條件下，這些項目的設計標準愈高，

則配合的設計速率也愈高。但從實際行車面來看，通常駕駛人大都會隨公路所經地形限制、交通狀況、車道使用，甚至公路執法而調整其速率，甚少是因公路本身的重要性而調整。美國自 2000 年公路容量手冊[8]起，對高速公路、多車道公路等非阻斷性公路設施分析已從原先沿用的設計速率調整為自由車流速率，以更確實反映車流受道路實質環境的影響，本手冊於第四、八、十一、十二章等平直路段非阻斷性公路設施之容量分析也是以自由車流速率為依據，以便反映較正確的速率與流量關係。

自由車流速率儘可能在流率較低(建議每車道流率 ≤ 500 小車/小時)的現場量測，此平均速率值會是自由車流速率的良好指標，且由於是現況資料，故不須做任何調整，其缺點是如果要分析某一未來計劃公路的運作狀況，則不可能現場量測，因而常以參考比照其他同類型公路設施或採模式估計的方式取代。國內目前因無廣泛的公路自由車流速率特性調查，亦尚未發展本土化估計模式，故常藉由道路現有或預計的速限著手，其優點是不同類型公路各有特定的速限範圍，同一類型公路的速限也相當一致，這不論是對目前或對規劃未來公路的預計速率，都較容易掌握。美國國內調查顯示理想狀況下的道路自由車流速率約較速限高 8~11 公里/小時，惟這只是參考值。

為滿足本分析程序確認公路速限與自由車流速率關係之需要：
(1) 高速公路部分將直接依循本手冊第四章基本路段容量分析所訂定之基本路段速限與對應平均自由車流速率建議值，以求一致；(2) 高、快速公路分匯流區主線速限分別為 80、90、100 公里/小時之路段，以對應於各個速限的公路內側車道平均自由車流速率為建議值。

以上兩種公路之速限與自由車流速率對應關係建議值整理如表 5.6 所示，表中兩種公路在速限 80~100 公里/小時對應的自由車流速率相一致。

表 5.6 公路速限與自由車流速率對照建議表

公路類別	速限 S_L (公里/小時)	自由車流速率 S_F (公里/小時)
高、快速公路	80	90
高、快速公路	90	100
高、快速公路	100	105
高速公路	110	115

2. 檢核點各檢核項之容量

匝道匯流區檢核點全部車道總容量依據本手冊第四章「高速公路基本路段」在已知主線單向總車道數之下，依不同自由車流速率所對應之「平均車道容量」乘以「車道數」而得。至於匝道匯流區檢核點外側二車道之容量目前因尚未定論，故參酌美國公路容量手冊[8,9]的觀念，採認在已知自由車流速率之下：

- 匯流區檢核點主線外側二車道之車道容量值都相同。
- 匯流區檢核點主線外側二車道之平均每車道容量不一定比主線內車道之平均車道容量低。

表 5.7 為綜合本所於民國 110 年研究[5]與本手冊第四章「高速公路基本路段」在未開放使用路肩之下，高、快速公路匝道匯流區檢核點之容量值建議表，本表列舉在不同自由車流速率下，匝道匯流區檢核點主線全部車道 (C_F) 與主線外側二車道可通過之最大流率預設值 ($v_{R12(\text{Max})}$)，可供檢視匝道匯流區檢核點各分析車道之流量負荷程度。

表 5.7 高、快速公路匝道匯流區檢核點容量建議表
(未開放使用路肩、平直路段)

自由車流速率 (公里/小時)	主線全部車道容量 C_F (小車/小時)		主線外側二車道 之最大流率 (小車/小時) $V_{R12(Max)}$
	單向車道數		
	3 車道	4 車道	
115	6,000	7,800	3,800
110	5,850	7,600	3,800
105	5,700	7,400	3,800
100	5,550	7,200	3,800
90	-	-	3,700

註：各自由車流速率對應之 $V_{R12(Max)}$ 係經實調分析後之設定值

四、進口匝道容量

依本所於民國 110 年研究[5]之分析建議，匝道容量分析在規劃和運作兩階段之訴求並不相同，規劃階段著重於研判新設匝道本身是否滿足預計進出需求流率所需的車道數，歷來採用多車道匝道容量是單車道匝道的倍數的作法，其前提通常是在進口匝道很長，匝道上游之車流運作不會受匝道下游匯入口回堵車隊之影響，或者是加速車道夠長，匝道車輛進入主線的匯入行為和一般自由變換車道無異的情況；至於運作階段之分析除了要維持高速公路主線之服務水準外，也要避免匝道車流回堵至平面道路，當高速公路已進入壅塞狀況，或已啟動諸如主線路肩開放、匝道儀控等管理措施時，匝道進入主線之最大流率勢必無法達到預設容量之理想值，因此，運作分析時建議改採匯入點最大可通過流率的概念，較能切合實際運作情況。

針對上述兩階段之需，表 5.8 分別列舉在規劃階段，不同車道數匝道之容量建議值，以及在運作階段，不同車道數匝道在未開放路肩或匝道儀控等措施下之最大通過流率建議值，表列建議值目前較適用於一般匝道 (ramps)、大型車比例較低的情況，並未含環道 (loops)、高比例大型車對容量之影響。

表 5.8 進口匝道容量建議表

速限（公里/小時）	階 段	車道數	容量 C_R （小車/小時）
50 或 60	規劃設計	1 車道	1,800
		2 車道	3,000
	運作分析	1 車道	1,800 或 儀控率
		2 車道	3,000 或 儀控率

註：進口匝道容量 C_R 為經實證可實際匯入主線之最大流率值

5.5.7 評估服務水準與分析匝道運作

一、主線服務水準

匝道匯流區檢核點主線 2 個檢核項之服務水準如 5.4 節之說明，採用雙指標進行評估。

1. v/c 值

計算匝道匯流區主線 2 個檢核項（主線外側二車道、主線全部車道）之 v/c 值，並參照表 5.2 界定各檢核項所屬分析車道之服務水準等級：

(1) 主線外側二車道

$$v/c = \frac{\text{檢核點主線外側二車道小車需求流率 } v_{R12}}{\text{檢核點主線外側二車道最大流率 } v_{R12(\text{Max})}} \quad (5.11)$$

(2) 主線全部車道

$$v/c = \frac{\text{檢核點主線全部車道小車需求流率 } v_{FO}}{\text{檢核點主線全部車道容量 } C_F} \quad (5.12)$$

2. 平均速率/速限比值

依 5.4 節說明計算匝道匯流區主線 2 個檢核項（主線外側二車道、主線全部車道）之平均速率與速限比值 (S/S_L)，並參照表 5.3 界定各檢核項所屬分析車道之服務水準等級。

應注意：在運作分析與評估階段，由於需求流率難以調查（尤其路段壅塞時，調查所得僅為通過流量），若速率已大幅下降，即表示

車流呈壅塞狀態、需求流率/容量比 (v/c) 超過 1.0。因此，若確認調查流率非需求流率，且平均速率/速限比值等級不佳（例如 4~6 級），則第一項指標 v/c 應為 F 級。

二、進口匝道服務水準與運作分析

匝道匯流區檢核點之第 3 個檢核項主要分析：

- 匝道車流不受限制下之服務水準評估
- 匝道車流受限制下之運作分析

1. 匝道車流不受限制下之服務水準評估

係匝道需求流率達到匝道設計容量的程度，採用單一指標 v/c 進行評估，並參照表 5.2 界定其服務水準等級。匝道 v/c 比值之計算如下：

$$v/c = \frac{\text{匝道小車需求流率 } v_R}{\text{匝道容量 } C_R} \quad (5.13)$$

2. 匝道車流受限制下之運作分析

係進口匝道因受匯流區主線外側車道車流運作之影響，致無法達到設計容量下的運作狀況，其分析步驟如下：

(1) 估算檢核點主線外側二車道剩餘容量 C_R'

主線外側二車道剩餘容量係指主線外側二車道最大流率在優先提供該兩車道需求流率使用後，剩餘可用之容量（單位：小車/小時）；若無剩餘容量，則進口匝道需求流量可能因無法順利匯入主線而發生回堵。

$$C_R' = v_{R12(\text{Max})} - v_{12} \text{ (小車/小時)} \quad (5.14)$$

(2) 進口匝道容量分析

a. 進口匝道運作容量 C_R'' （查表 5.8）

b. 進口匝道允許最大通行流率 = 檢核點主線外側二車道剩餘容量 (C_R')

c. 估算進口匝道實際容量 $C_{R(A)}$

$$C_{R(A)} = \text{Min}\{C_R', C_R''\} \text{ (小車/小時)} \quad (5.15)$$

進口匝道實際容量係指進口匝道因主線外側二車道剩餘可用容量之限制，實際可匯入主線之最大流量；若主線外側二車

道剩餘容量仍大於進口匝道運作容量，則進口匝道實際容量等於該匝道運作容量，否則等於檢核點主線外側二車道之剩餘容量。

(3) 進口匝道運作分析

a. 進口匝道尖峰流率 v_R

b. 估算進口匝道尖峰溢流量 Q_R

$$Q_R = \text{Max}\{0, v_R - c_{R(A)}\} \text{ (小車/小時)} \quad (5.16)$$

進口匝道需求流量會受匝道實際容量之限制，若匝道需求流量大於匝道實際容量，則會產生無法匯入主線之流量，稱為該匝道之尖峰溢流量。

c. 估算進口匝道停等車隊回堵速率 $S_{Q(R)}$

若預設前、後兩車平均停等間距 (spacing) 為 V_L 公尺，則

$$S_{Q(R)} = \frac{V_L \cdot Q_R}{60} \text{ (公尺/分鐘)} \quad (5.17)$$

進口匝道尖峰溢流量為該匝道在尖峰小時無法匯入主線之車輛數，這些車輛會形成停等車隊排列於匝道內，該小時預計排列之總車隊長度可用停等車輛數或停等車隊長度表示，據以換算成單位時間產生停等車隊之速率，稱為匝道之回堵速率（輛/分鐘或公尺/分鐘）。

d. 估算進口匝道尖峰小時停等車隊回堵距離 $D_{Q(R)}$

$$D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60 \text{ (公尺)} \quad (5.18)$$

若進口匝道長度短於 $D_{Q(R)}$ ，則預期該尖峰小時回堵車隊將對匝道上游平面路口造成衝擊。

5.6 應用例題

本節依據進口匝道匯流區方法論之分析程序，以逐步計算方式呈現每一應用例題之評估結果，其中例題 1、2、3 所例示之匝道區組合型態為臺灣國道 1、3 號沿線進口匝道匯流區中占較大比例之類型（合計約占 92%）。

各例題主要在分析目前進口匝道區可能受上游（或下游）毗鄰匝道區影響下之運作品質，例題概要如表 5.9 所示。

表 5.9 應用例題彙整

例題	示範主題	分析類別
1	獨立進口匝道匯流區	運作分析
2	進口匝道匯流區上游緊鄰另一進口匝道匯流區	運作分析
3	進口匝道匯流區上游緊鄰另一出口匝道分流區	運作分析
4	新建交流道之進口匝道方案評估	規劃設計與運作分析
5	新建交流道之最大服務流率與服務流量分析	規劃設計

5.6.1 例題 1、獨立進口匝道匯流區

某一單車道進口匝道匯入一條單向三車道高速公路之主線段，已知主線與進口匝道 R 之現況幾何、交通資料如圖 5.15 所示。在蒐集資料時段，亦取得匝道匯流區下游主線主線平均速率—外側二車道 86 公里/小時、全部車道 88 公里/小時。假設天候環境良好、無任何交通事故，且為一般通勤車流；由於此匝道距離上、下游相鄰匝道甚遠，故可視為一獨立匝道匯流區（On-1），這種匝道匯流區約占國道 1、3 號全部進口匝道類型的 44 %；本分析主要在決定此匝道匯流區各檢核項預計之服務水準，分析程序及結果如表 5.10 所示。

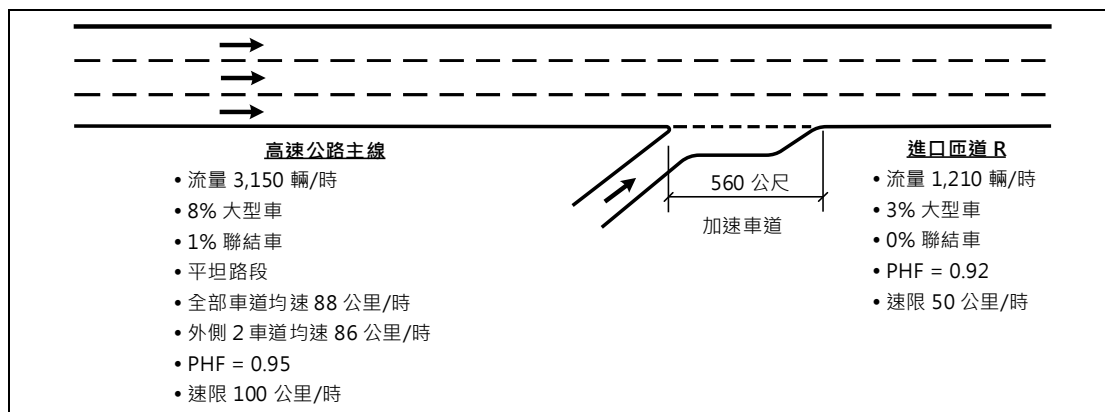


圖 5.15 例題 1 幾何與交通資料

表 5.10 例題 1 服務水準分析

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 獨立進口匝道匯流區 (On-1)	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_R = 1$	匝道 R 車道數
• $L_A = 560$ 公尺	匝道 R 之加速車道長度 (公尺)
• $S_{L(F)} = 100$ 公里/小時	主線 F 速限 (公里/小時)
• $S_{L(R)} = 50$ 公里/小時	匝道 R 速限 (公里/小時)
• $S_{12(F)} = 86$ 公里/小時	R 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F)} = 88$ 公里/小時	R 匝道區主線全部車道平均速率 (公里/小時)
• $D_U > 1,000$ 公尺 (獨立匝道區預設值)	R 匝道區與上游匝道之間距 (公尺) • 分析獨立匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_D > 1,000$ 公尺 (獨立匝道區預設值)	R 匝道區與下游匝道之間距 (公尺) • 分析獨立匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道
步驟二：匝道區交通資料	
• $PHF_F = 0.95$; $PHF_R = 0.92$	上游主線 F 或匝道 R 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.08$; $P_{C(F)} = 0.01$	主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R)} = 0.03$; $P_{C(R)} = 0.00$	匝道 R 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $E_T = 1.6$; $E_C = 2.0$	大貨車 T 、聯結車 C 當量值
• $f_{HV(F)}$; $f_{HV(R)}$ 主線 $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.08(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)} = 0.945$ 匝道 $f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)} = 0.982$	設施 i (上游主線 F 或匝道 R) 之大型車調整因素 (式 5.1、5.2) • $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$

表 5.10 例題 1 服務水準分析(續 1)

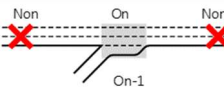
模式變數與計算值		定義與說明				
步驟三：估計對等小車需求流率						
• V_F ； V_R （如以下換算表）		上游主線 F 或匝道 R 之小時流量（輛/小時）				
• v_F ； v_R （如以下換算表）		設施 i （上游主線 F 或匝道 R ）之對等小車需求流率（小車/小時） • $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}}$ （式 5.3、5.4）				
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表						
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF_i	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)		
主線 (F)	3,150	0.95	0.945	3,508.8		
匝道 (R)	1,210	0.92	0.982	1,339.3		
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						
匝道 R 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：無		> 1,000	On-1	估算式 2
		下游：無		> 1,000		
步驟五：匝道區車道分布流率						
• 由步驟四之 R 匝道區車道分布模式統整表，採估算式 2。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(560)$ $- 0.000073(1,339.3) = 0.5770$			R 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_A - 0.000073 \cdot v_R$			
• $v_{12} = 3,508.8 \times 0.5770$ $= 2,024.6$ 小車/小時			R 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{12} = v_F \cdot P_{FM}$			
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率						
• $v_{R12} = 2,024.6 + 1,339.3$ $= 3,363.9$ 小車/小時			R 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{R12} = v_{12} + v_R$			
• $v_{FO} = 3,508.8 + 1,339.3$ $= 4,848.1$ 小車/小時			R 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{FO} = v_F + v_R$			
• $v_R = 1,339.3$ 小車/小時			進口匝道小車需求流率（小車/小時）			

表 5.10 例題 1 服務水準分析(續 2)

模式變數與計算值	定義與說明
步驟六(2)：匝道區各檢核項之容量	
• $S_F = 105$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率 (公里/小時) • 表 5.6；速限 $S_L = 100$ 公里/小時之自由車流速率
• $v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道最大流率 (小車/小時) • 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
• $c_F = 5,700$ 小車/小時	主線 F 總容量 (小車/小時) • 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
• $c_R = 1,800$ 小車/小時	匝道 R 總容量 (小車/小時) • 表 5.8；車道數 $N_R = 1$ 、假設無儀控，採規劃設計之容量值
步驟七(1)：匝道區服務水準評估	
一、主線服務水準	
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,363.9}{3,800} = 0.89$	R 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 5.11) • $v/c = \frac{v_{R12}}{v_{R12(\text{Max})}}$
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,848.1}{5,700} = 0.85$	R 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 5.12) • $v/c = \frac{v_{FO}}{c_F}$
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{86}{100} = 0.86$	R 匝道區檢核點主線外側二車道之平均速率與速限之比值 $S_{12(F)}/S_{L(F)}$
• 主線全部車道之 $S/S_L = \frac{88}{100} = 0.88$	R 匝道區檢核點主線全部車道之平均速率與速限之比值 $S_{\text{All}(F)}/S_{L(F)}$
二、匝道服務水準	
• 進口匝道之 $v/c = \frac{1,339.3}{1,800} = 0.74$	R 匝道區進口匝道之 v/c 值 (式 5.13) • $v/c = \frac{v_R}{c_R}$

表 5.10 例題 1 服務水準分析(續 3)

模式變數與計算值			定義與說明			
高速公路主線 (目前匝道區)						

評析：分析結果顯示本匝道匯流區目前各分析車道均處於穩定車流運作狀況，主線最低服務水準為 D2；匝道需求流率亦低於容量，因匝道尖峰溢流量 $Q_R = 0$ ，並未發生停等車隊回堵。

5.6.2 例題 2、進口匝道匯流區上游緊鄰另一進口匝道匯流區

某一單向三車道高速公路主線路段上有相鄰兩處匝道區，已知主線與兩處匝道之現況幾何、交通資料如圖 5.16 所示，此圖例顯示目前進口匝道區 (R_2 匝道區) 上游 700 公尺處另設有一進口匝道區 (R_1 匝道區)，這種匝道匯流區約占國道 1、3 號全部進口匝道類型的 6%；蒐集資料時段之天候環境良好、無任何交通事故，且為一般通勤車流；現場亦取得目前匝道 R_2 匯流區下游主線車道之平均速率—外側二車道 69 公里/小時、全部車道 75 公里/小時。

兩匝道區的交通運作有可能不相影響，但也可能因彼此間距較短，導致其中某一匝道區受另一匝道進出車流的影響，故必須確認各匝道區車流是否在受影響的運作狀況下，以合理分析其運作品質。

本例題於表 5.11 之每一步驟中，依序對此路段主線和兩處匝道區進行幾何、交通資料彙整，並經由計算目前 R_2 匝道區各檢核項之分布流率，評估預期之服務水準。

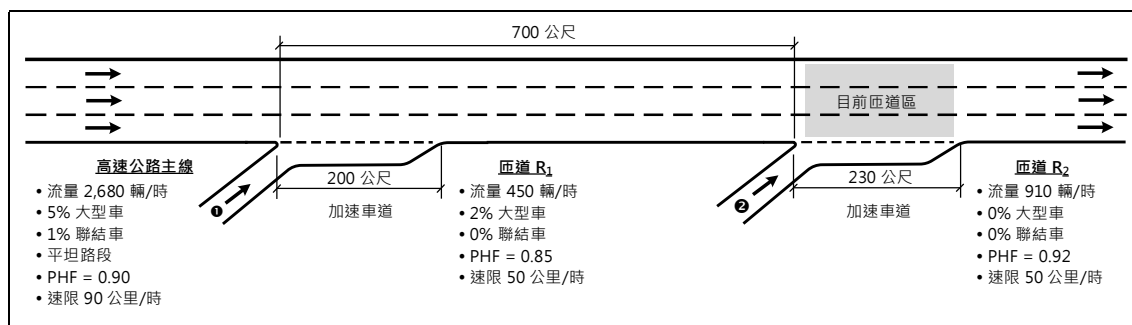


圖 5.16 例題 2 幾何與交通資料

表 5.11 例題 2 服務水準分析

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 目前進口匝道匯流區上游緊鄰另一進口匝道匯流區	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• F = 高速公路主線 • R_1 = 上游匝道 1 • R_2 = 下游匝道 2 (目前匝道區)	設施代碼
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_{R1} = 1$; $N_{R2} = 1$	匝道 R_1 、 R_2 車道數
• $L_{A1} = 200$ 公尺	匝道 R_1 之加速車道長度 (公尺)
• $L_{A2} = 230$ 公尺	匝道 R_2 之加速車道長度 (公尺)
• $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時	主線 F 速限 (公里/小時)
• $S_{L(R1)} = 50$; $S_{L(R2)} = 50$ 公里/小時	匝道 R_1 、 R_2 速限 (公里/小時)
• $S_{12(F)} = 69$ 公里/小時	目前 R_2 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F)} = 75$ 公里/小時	目前 R_2 匝道區主線全部車道平均速率 (公里/小時)
• $D_{U1} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_1 匝道區與上游匝道之間距 (公尺) • 分析 R_1 匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_{D1} = 700$ 公尺	R_1 匝道區與下游匝道之間距 (公尺)
• $D_{U2} = 700$ 公尺	R_2 匝道區與上游匝道之間距 (公尺)
• $D_{D2} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_2 匝道區與下游匝道之間距 (公尺) • 分析 R_2 匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道
步驟二：匝道區交通資料	
• $PHF_F = 0.90$ • $PHF_{R1} = 0.85$; $PHF_{R2} = 0.92$	上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.05$; $P_{C(F)} = 0.01$	主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R1)} = 0.02$; $P_{C(R1)} = 0.00$	匝道 R_1 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R2)} = 0.00$; $P_{C(R2)} = 0.00$	匝道 R_2 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $E_T = 1.6$; $E_C = 2.0$	大貨車 T 、聯結車 C 當量值

表 5.11 例題 2 服務水準分析(續 1)

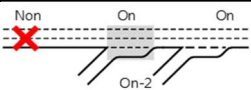
模式變數與計算值		定義與說明				
• $f_{HV(F)}; f_{HV(R1)}; f_{HV(R2)}$ $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)}$$= 0.962$ $f_{HV(R1)} = \frac{1}{1 + 0.02(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$$= 0.988$ $f_{HV(R2)} = \frac{1}{1 + 0.00(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$$= 1.000$		設施 i (上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2) 之大型車調整因素 (式 5.1、5.2) $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$				
步驟三：估計對等小車需求流率						
• $V_F; V_{R1}; V_{R2}$ (如以下換算表)		上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之小時流量 (輛/小時)				
• $v_F; v_{R1}; v_{R2}$ (如以下換算表)		設施 i (上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2) 之對等小車需求流率 (小車/小時) $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \quad (\text{式 5.3、5.4})$				
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表						
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF_i	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)		
主線 (F)	2,680	0.90	0.962	3,095.4		
匝道 (R_1)	450	0.85	0.988	535.8		
匝道 (R_2)	910	0.92	1.000	989.1		
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
(1) R_1 匝道區						
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R_1 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						
匝道 R_1 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R_1	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：無		> 1,000	On-2	估算式 2
		下游：進口		700		
(2) R_2 匝道區						
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R_2 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						

表 5.11 例題 2 服務水準分析(續 2)

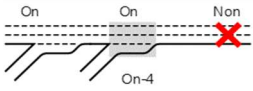
模式變數與計算值				定義與說明		
匝道 R_2 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R_2	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：進口		700	On-4	估算式 2
		下游：無		> 1,000		估算式 3
步驟五：匝道區車道分布流率						
1. R_1 匝道區						
• 由步驟四之 R_1 匝道區車道分布模式統整表，採估算式 2。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(200)$ $- 0.000073(535.8) = 0.6043$				R_1 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_{A1} - 0.000073 \cdot v_{R1}$		
• $v_{12} = 3,095.4 \times 0.6043$ $= 1,870.6$ 小車/小時				R_1 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{12} (=v_{12}^U) = v_F^U \times P_{FM} = v_F \times P_{FM}$		
2. R_2 匝道區						
• 由步驟四之 R_2 匝道區車道分布模式統整表，應同時比較估算式 2、3。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(230)$ $- 0.000073(989.1) = 0.5738$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_{A2} - 0.000073 \cdot v_{R2}$		
• $P_{FM} = P_{FM(\text{非獨立})}$ $= 0.9813 \times (1,870.6 + 535.8)$ $\div (3,095.4 + 535.8)$ $= 0.6503$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 3） • $P_{FM} = \frac{0.9813 \cdot (v_{12}^U + v_R^U)}{v_F^U + v_R^U}$ (其中 $v_F^U = v_F$ ； $v_R^U = v_{R1}$)		
• $P_{FM} = \text{Max}\{0.5738, 0.6503\}$ $= 0.6503$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例 • 比較估算式 2 與 3，取較大值 • $P_{FM} = \text{Max}\{P_{FM(\text{獨立})}, P_{FM(\text{非獨立})}\}$		
• $v_{12} = (3,095.4 + 535.8) \times 0.6503$ $= 2,361.4$ 小車/小時				R_2 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率 • $v_{12} = (v_F + v_{R1}) \cdot P_{FM}$		

表 5.11 例題 2 服務水準分析(續 3)

模式變數與計算值	定義與說明
步驟六(1)：目前 R_2 匝道區各檢核項之估計流率	
$v_{R12} = 2,361.4 + 989.1$ $= 3,350.5$ 小車/小時	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率 (小車/小時) $v_{R12} = v_{12} + v_{R2}$
$v_{FO} = (3,095.4 + 535.8) + 989.1$ $= 4,620.3$ 小車/小時	R_2 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率 (小車/小時) $v_{FO} = (v_F^U + v_R^U) + v_{R2} = (v_F + v_{R1}) + v_{R2}$
$v_{R2} = 989.1$ 小車/小時	進口匝道小車需求流率 (小車/小時)
步驟六(2)：目前 R_2 匝道區各檢核項之容量	
$S_F = 100$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率 (公里/小時) 表 5.6；速限 $S_L = 90$ 公里/小時之自由車流速率
$v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道最大流率 (小車/小時) 表 5.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
$c_F = 5,550$ 小車/小時	主線 F 總容量 (小車/小時) 表 5.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
$c_{R1} = c_{R2} = c_R = 1,800$ 小車/小時	匝道 R_2 總容量 (小車/小時) 表 5.8；車道數 $N_{R2} = 1$；規劃設計或運作分析，假設無儀控之容量
步驟七(1)：目前 R_2 匝道區服務水準評估	
一、主線服務水準	
主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,350.5}{3,800} = 0.88$	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 5.11) $v/c = \frac{v_{R12}}{v_{R12(\text{Max})}}$
主線全部車道之 $v/c = \frac{4,620.3}{5,550} = 0.83$	R_2 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 5.12) $v/c = \frac{v_{FO}}{c_F}$
主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{69}{90} = 0.77$	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之平均速率與速限之比值 $S_{12(F)}/S_{L(F)}$

表 5.11 例題 2 服務水準分析(續 4)

模式變數與計算值		定義與說明				
• 主線全部車道之 $S/S_L = \frac{75}{90} = 0.83$		R_2 匝道區檢核點主線全部車道之平均速率與速限之比值 $S_{All(F)}/S_{L(F)}$				
二、匝道服務水準						
• 進口匝道之 $v/c = \frac{989.1}{1,800} = 0.55$		R_2 匝道區進口匝道之 v/c 值 (式 5.13) $\bullet v/c = \frac{v_R}{c_R}$				
R2 匝道區各檢核項服務水準評估表						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	69	3,350.5	3,800	0.88	0.77	D3
• 主線全部車道 (v_{FO})	75	4,620.3	5,550	0.83	0.83	D2
• 進口匝道 (v_{R2})	—	989.1	1,800	0.55	—	C
步驟七(2)：匝道 R2 運作分析						
• $c_R' = 3,800 - 2,361.4 = 1,438.6$ 小車/小時		R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之剩餘容量 (小車/小時) • $c_R' = v_{R12(Max)} - v_{l2}$ (式 5.14)				
• $c_R'' = 1,800$ 小車/小時		進口匝道 R_2 運作容量 c_R'' (表 5.8)				
• $c_{R(A)} = \text{Min}\{1,438.6, 1,800\} = 1,438.6$ 小車/小時		進口匝道 R_2 實際容量 (小車/小時) • $c_{R(A)} = \text{Min}\{c_R', c_R''\}$ (式 5.15)				
• $Q_R = \text{Max}\{0, (989.1 - 1,438.6)\} = \text{Max}\{0, -449.5\} = 0$ 小車/小時		進口匝道 R_2 尖峰溢流量 (小車/小時) • $Q_R = \text{Max}\{0, v_R - c_{R(A)}\}$ (式 5.16)				
• $S_{Q(R)} = 8.0 \times 0 / 60 = 0.0$ 公尺/分鐘		匝道停等車隊回堵速率 (公尺/分鐘) 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0$ 公尺 • $S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ (式 5.17)				
• $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60 = 0.0 \times 60 = 0.0$ 公尺		停等車隊回堵距離 (公尺) • $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ (式 5.18)				

評析：本例題為計算兩相鄰進口匝道區各檢核項之分布流率與服務水

準。分析結果顯示各分析車道經流量檢核均低於容量；目前進口匝道 R_2 匯流區上游主線、主線外側二車道之服務水準等級至少為 D3，而匝道 R_2 為 C 級，因其尖峰溢流量 $Q_R = 0$ ，故無回堵車隊。

5.6.3 例題 3、進口匝道匯流區上游緊鄰另一出口匝道分流區

某一單向三車道高速公路主線路段上有相鄰兩處匝道區，已知主線與兩處匝道之現況幾何、交通資料如圖 5.17 所示，此圖例顯示目前進口匝道區 (R_2 匝道區) 上游 480 公尺處另設有一出口匝道區 (R_1 匝道區)，這種匝道匯流區約占國道 1、3 號全部進口匝道類型的 42%；已知目前匝道 R_2 匯流區下游主線車道之平均速率—外側兩車道 52 公里/小時、全部車道 55 公里/小時。兩匝道區的交通運作有可能不相影響，但也可能因彼此間距較短，導致其中某一匝道區受另一匝道進出車流的影響，故必須確認各匝道區車流是否在受影響的運作狀況下，以合理分析其運作的品質。

本例題於表 5.12 之每一步驟中，依序對此路段主線和兩處匝道區進行幾何、交通資料彙整，並經由計算目前 R_2 匝道區各檢核項之分布流率，評估預期之服務水準。

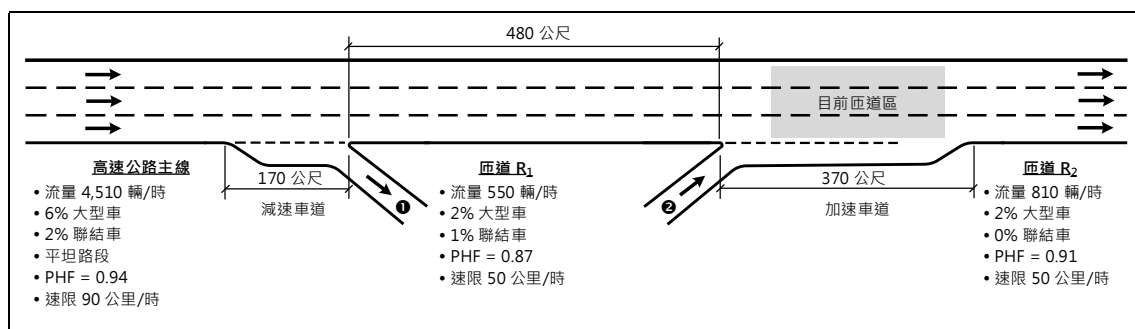


圖 5.17 例題 3 幾何與交通資料

表 5.12 例題 3 服務水準分析

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 目前進口匝道匯流區上游緊鄰另一出口匝道分流區	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• F = 高速公路主線 • R_1 = 上游匝道 1 • R_2 = 下游匝道 2 (目前匝道區)	設施代碼
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_{R1} = 1$; $N_{R2} = 1$	匝道 R_1 、 R_2 車道數
• $L_{D1} = 170$ 公尺	匝道 R_1 之減速車道長度 (公尺)
• $L_{A2} = 230$ 公尺	匝道 R_2 之加速車道長度 (公尺)
• $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時	主線 F 速限 (公里/小時)
• $S_{L(R1)} = 50$; $S_{L(R2)} = 50$ 公里/小時	匝道 R_1 、 R_2 速限 (公里/小時)
• $S_{12(F)} = 52$ 公里/小時	目前 R_2 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F)} = 55$ 公里/小時	目前 R_2 匝道區主線全部車道平均速率 (公里/小時)
• $D_{U1} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_1 匝道區與上游匝道之間距 (公尺) • 分析 R_1 匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_{D1} = 480$ 公尺	R_1 匝道區與下游匝道之間距 (公尺)
• $D_{U2} = 480$ 公尺	R_2 匝道區與上游匝道之間距 (公尺)
• $D_{D2} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_2 匝道區與下游匝道之間距 (公尺) • 分析 R_2 匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道
步驟二：匝道區交通資料	
• $PHF_F = 0.94$ • $PHF_{R1} = 0.87$; $PHF_{R2} = 0.91$	上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.06$; $P_{C(F)} = 0.02$	主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R1)} = 0.02$; $P_{C(R1)} = 0.01$	匝道 R_1 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R2)} = 0.02$; $P_{C(R2)} = 0.00$	匝道 R_2 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $E_T = 1.6$; $E_C = 2.0$	大貨車 T 、聯結車 C 當量值

表 5.12 例題 3 服務水準分析(續 1)

模式變數與計算值		定義與說明				
• $f_{HV(F)}; f_{HV(R1)}; f_{HV(R2)}$ $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.06(1.6 - 1) + 0.02(2.0 - 1)}$$= 0.947$ $f_{HV(R1)} = \frac{1}{1 + 0.02(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)}$$= 0.978$ $f_{HV(R2)} = \frac{1}{1 + 0.02(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$$= 0.988$		設施 i (上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2) 之大型車調整因素 (式 5.1、5.2) • $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$				
步驟三：估計對等小車需求流率						
• $V_F; V_{R1}; V_{R2}$ (如以下換算表)		上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之小時流量 (輛/小時)				
• $v_F; v_{R1}; v_{R2}$ (如以下換算表)		設施 i (上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2) 之對等小車需求流率 (小車/小時) • $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \quad (\text{式 5.3、5.4})$				
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表						
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF_i	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)		
主線 (F)	4,510	0.94	0.947	5,066.4		
匝道 (R_1)	550	0.87	0.978	646.4		
匝道 (R_2)	810	0.91	0.988	900.9		
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
(1) R_1 匝道區						
• 參照本手冊第六章，依圖 6.9 檢視匝道 R_1 之相鄰上、下游匝道類型，如下表：						
匝道 R_1 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R_1	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	出口匝道	上游：無		> 1,000	Off-2	免分析 (非目前匝道)
		下游：進口		480		
(2) R_2 匝道區						
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R_2 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						

表 5.12 例題 3 服務水準分析(續 2)

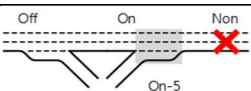
模式變數與計算值				定義與說明		
匝道 R_2 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R_2	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：出口		480	On-5	估算式 2
		下游：無		> 1,000		估算式 4
步驟五：目前 R_2 匝道區車道分布流率						
• 由步驟四之 R_2 匝道區車道分布模式統整表，應同時比較估算式 2、4。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(370)$ $- 0.000073(900.9) = 0.5924$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_{A2} - 0.000073 \cdot v_{R2}$		
• $P_{FM} = P_{FM(\text{非獨立})}$ $= 0.5581 + 0.000055(370)$ $- 0.0000095(900.9) + 0.000042(480)$ $= 0.5901$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 4） • $P_{FM} = 0.5581 + 0.000055 \cdot L_{A2}$ $- 0.0000095 \cdot v_{R2} + 0.000042 \cdot D_{U2}$		
• $P_{FM} = \text{Min}\{0.5924, 0.5901\}$ $= 0.5901$				R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例 • 比較估算式 2 與 4，取較小值 • $P_{FM} = \text{Min}\{P_{FM(\text{獨立})}, P_{FM(\text{非獨立})}\}$		
• $v_{12} = (5,066.4 - 646.4) \times 0.5901$ $= 2,608.2$ 小車/小時				R_2 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{12} = (v_F - v_{R1}) \cdot P_{FM}$		
步驟六(1)：目前 R_2 匝道區檢核項之估計流率						
• $v_{R12} = 2,608.2 + 900.9$ $= 3,509.1$ 小車/小時				R_2 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{R12} = v_{12} + v_{R2}$		
• $v_{FO} = (5,066.4 - 646.4) + 900.9$ $= 4,420.0 + 900.9$ $= 5,320.9$ 小車/小時				R_2 匝道區檢核點全部車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{FO} = (v_F - v_{R1}) + v_{R2}$		
• $v_{R2} = 900.9$ 小車/小時				進口匝道小車需求流率（小車/小時）		
步驟六(2)：目前 R_2 匝道區各檢核項之容量						
• $S_F = 100$ 公里/小時				主線 F 自由車流速率（公里/小時） • 表 5.6；速限 $S_L = 90$ 公里/小時之自由車流速率		

表 5.12 例題 3 服務水準分析(續 3)

模式變數與計算值	定義與說明
• $v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道最大流率 (小車/小時) • 表 5.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
• $c_F = 5,550$ 小車/小時	主線 F 總容量 (小車/小時) • 表 5.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
• $c_{R1} = c_{R2} = c_R = 1,800$ 小車/小時	匝道 R_2 總容量 (小車/小時) • 表 5.8；車道數 $N_{R2} = 1$ ；規劃設計或運作分析，假設無儀控之容量
步驟七(1)：匝道 R_2 匯流區服務水準評估	
一、主線服務水準	
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,509.1}{3,800} = 0.92$	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 5.11) • $v/c = \frac{v_{R12}}{v_{R12(\text{Max})}}$
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{5,320.9}{5,550} = 0.96$	R_2 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 5.12) • $v/c = \frac{v_{FO}}{c_F}$
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{52}{90} = 0.58$	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之平均速率與速限之比值 $S_{12(F)}/S_{L(F)}$
• 主線全部車道之 $S/S_L = \frac{55}{90} = 0.61$	R_2 匝道區檢核點主線全部車道之平均速率與速限之比值 $S_{\text{All}(F)}/S_{L(F)}$
二、匝道服務水準	
• 進口匝道之 $v/c = \frac{900.9}{1,800} = 0.50$	R_2 匝道區進口匝道之 v/c 值 (式 5.13) • $v/c = \frac{v_{R2}}{c_R}$

表 5.12 例題 3 服務水準分析(續 4)

模式變數與計算值				定義與說明		
R ₂ 匝道區各檢核項服務水準評估表						
高速公路主線 (目前匝道區) $v_{F(1)}$ $v_{12(1)}$ $v_{FO(1)} = v_{F(2)}$ $v_{R12(2)}$ $v_{FO(2)}$ $v_{R(1)}$ 出口匝道1 $v_{R(2)}$ 進口匝道2						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	52	3,509.1	3,800	0.92	0.58	E4
• 主線全部車道 (v_{FO})	55	5,320.9	5,550	0.96	0.61	E3
• 進口匝道 (v_{R2})	—	900.9	1,800	0.50	—	B

步驟七(2)：匝道 R ₂ 運作分析	
• $c_R' = 3,800 - 2,608.2 = 1,191.8$ 小車/小時	R ₂ 匝道區檢核點主線外側二車道剩餘容量 (小車/小時) • $c_R' = v_{R12}(\text{Max}) - v_{12}$ (式 5.14)
• $c_R'' = 1,800$ 小車/小時	進口匝道 R ₂ 運作容量 c_R'' (表 5.8)
• $c_{R(A)} = \text{Min}\{1,191.8, 1,800\} = 1,191.8$ 小車/小時	進口匝道 R ₂ 實際容量 (小車/小時) • $c_{R(A)} = \text{Min}\{c_R', c_R''\}$ (式 5.15)
• $Q_R = \text{Max}\{0, (900.9 - 1,191.8)\} = \text{Max}\{0, -290.9\} = 0$ 小車/小時	進口匝道 R ₂ 尖峰溢流量 (小車/小時) • $Q_R = \text{Max}\{0, v_R - c_{R(A)}\}$ (式 5.16)
• $S_{Q(R)} = 8.0 \times 0 / 60 = 0.0$ 公尺/分鐘	匝道停等車隊回堵速率 (公尺/分鐘) 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0$ 公尺 • $S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ (式 5.17)
• $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60 = 0.0 \times 60 = 0.0$ 公尺	停等車隊回堵距離 (公尺) • $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ (式 5.18)

評析：本例題評析上游出口、下游進口兩相鄰匝道區各檢核項之分布流率與服務水準。分析結果顯示，進口匝道 R_2 匯流區下游主線各檢核項均已趨於不穩定車流 (E 級) 狀態，各檢核項之車流亦因受此影響，已出現相對較低之平均速率；至於進口匝道流率因仍低於本身可紓解之容量，尚不致產生停等車隊。

5.6.4 例題 4、新建交流道之進口匝道方案評估

某城市因區域土地開發與交通系統擴建計畫，由目前交流道進入高速公路往東方向之流量已逐年顯著成長，交管當局預計數年後通勤尖峰進入高速公路設施會達到飽和，但因地區環境限制，目前預擬三個方案因應成長之交通需求，並希望對這些方案進行事前評估分析。

方案一：仍維持目前交流道進口匝道一車道，加速車道長 200 公尺之幾何現況。

方案二：將目前交流道進口匝道之車道數擴增為二車道，並調整目前加速車道長度至 300 公尺，希望增加目前匝道之容量。

方案三：在緊鄰目前交流道進口匝道上游 500 公尺增建一條含一車道、加速車道長 200 公尺之進口匝道，以分散目前匝道之交通負荷。

 已知幾何、交通資料

- 所在地形：平坦地區 (level terrain)
- 主線單向車道數 $N_F = 3$
- 速限：主線 $S_{L(F)} = 100$ 公里/小時；進口匝道 $S_{L(R)} = 50$ 公里/小時
- 大型車比例：主線 $P_{F(T)} = 5\%$ ；進口匝道 $P_{R(T)} = 3\%$
- 目標年尖峰小時交通量：主線往東 $V_F = 3,200$ 輛/小時；進口匝道 $V_R = 1,700$ 輛/小時
- 尖峰小時係數：主線 $PHF_F = 0.95$ ；進口匝道 $PHF_R = 0.95$

方案一：仍維持目前交流道進口匝道一車道，加速車道長 200 公尺之實質幾何現況

匝道區幾何與交通資料示如圖 5.18 所示，分析程序及結果如表 5.13 所示。

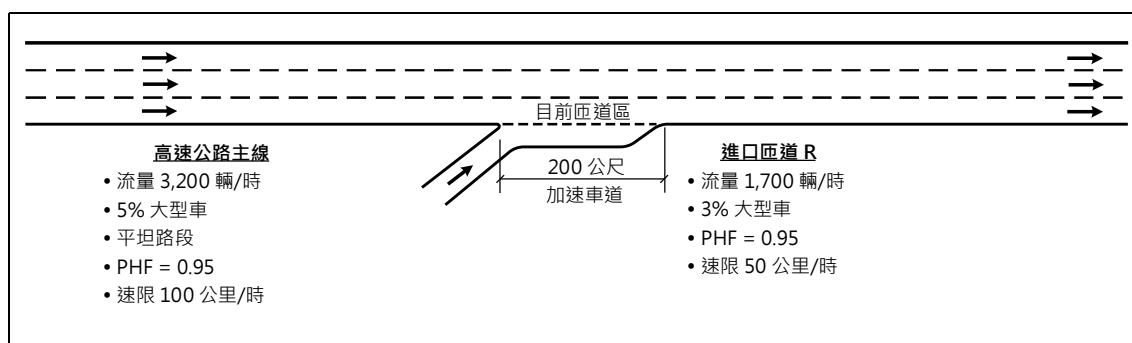


圖 5.18 例題 4 幾何與交通資料（方案一）

表 5.13 例題 4 服務水準分析（方案一）

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 獨立進口匝道匯流區 (On-I)	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_R = 1$	匝道 R 車道數
• $L_A = 200$ 公尺	匝道 R 之加速車道長度（公尺）
• $S_{L(F)} = 100$ 公里/小時	主線 F 速限（公里/小時）
• $S_{L(R)} = 50$ 公里/小時	匝道 R 速限（公里/小時）
• $S_{12(F)} =$ （無資料）	R 匝道區主線外側兩車道平均速率（公里/小時）
• $S_{All(F)} =$ （無資料）	R 匝道區主線全部車道平均速率（公里/小時）
• $D_U > 1,000$ 公尺（獨立匝道區預設值）	R 匝道區與上游匝道之間距（公尺） • 分析獨立匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_D > 1,000$ 公尺（獨立匝道區預設值）	R 匝道區與下游匝道之間距（公尺） • 分析獨立匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道

表 5.13 例題 4 服務水準分析（方案一）（續 1）

模式變數與計算值		定義與說明	
步驟二：匝道區交通資料			
• $PHF_F = 0.95$ ； $PHF_R = 0.95$		上游主線 F 或匝道 R 之尖峰小時係數	
• $P_{T(F)} = 0.05$ ； $P_{C(F)} = 0.00$		主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例	
• $P_{T(R)} = 0.03$ ； $P_{C(R)} = 0.00$		匝道 R 之大貨車 T 、聯結車 C 比例	
• $E_T = 1.6$ （ $E_C = 2.0$ ）		大貨車 T 、聯結車 C 當量值	
• $f_{HV(F)}$ ； $f_{HV(R)}$ 主線 $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$ 			

表 5.13 例題 4 服務水準分析（方案一）（續 2）

模式變數與計算值	定義與說明
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(200) - 0.000073(1,822.3) = 0.5104$	R 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_A - 0.000073 \cdot v_R$
• $v_{12} = 3,469.0 \times 0.5104$ $= 1,770.6$ 小車/小時	R 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{12} = v_F \cdot P_{FM}$
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率	
• $v_{R12} = 1,770.6 + 1,822.3$ $= 3,592.9$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{R12} = v_{12} + v_R$
• $v_{FO} = 3,469.0 + 1,822.3$ $= 5,291.3$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{FO} = v_F + v_R$
• $v_R = 1,822.3$ 小車/小時	進口匝道小車需求流率（小車/小時）
步驟六(2)：匝道區各檢核項之容量	
• $S_F = 105$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率（公里/小時） • 表 5.6；速限 $S_L = 100$ 公里/小時之自由車流速率
• $v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道最大流率（小車/小時） • 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
• $c_F = 5,700$ 小車/小時	主線 F 總容量（小車/小時） • 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
• $c_R = 1,800$ 小車/小時	匝道 R 總容量（小車/小時） • 表 5.8；車道數 $N_R = 1$、假設無儀控，採規劃設計之容量值
步驟七(1)：匝道區服務水準評估	
一、主線服務水準	
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,592.9}{3,800} = 0.95$	R 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值（式 5.11） • $v/c = \frac{v_{R12}}{v_{R12(\text{max})}}$

表 5.13 例題 4 服務水準分析（方案一）（續 3）

模式變數與計算值		定義與說明				
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{5,291.3}{5,700} = 0.93$		R 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 5.12) • $v/c = \frac{v_{FO}}{c_F}$				
二、匝道服務水準						
• 進口匝道之 $v/c = \frac{1,822.3}{1,800} = 1.01$		R 匝道區進口匝道之 v/c 值 (式 5.13) • $v/c = \frac{v_R}{c_R}$				
R 匝道區各檢核項服務水準評估表						
高速公路主線 (目前匝道區) v_{R12} v_{FO} v_R 進口匝道						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	—	3,592.9	3,800	0.95	—	E
• 主線全部車道 (v_{FO})	—	5,291.3	5,700	0.93	—	E
• 進口匝道 (v_R)	—	1,822.3	1,800	1.01	—	F

步驟七(2)：匝道運作分析	
• $c_R' = 3,800 - 1,770.6 = 2,029.4$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道之剩餘容量（小車/小時） • $c_R' = v_{R12(\text{Max})} - v_{12}$ (式 5.14)
• $c_R'' = 1,800$ 小車/小時	進口匝道 R 之運作容量 c_R''（表 5.8）
• $c_{R(A)} = \text{Min}\{2,029.4, 1,800\}$ $= 1,800.0$ 小車/小時	進口匝道 R 之實際容量（小車/小時） • $c_{R(A)} = \text{Min}\{c_R', c_R''\}$ (式 5.15)
• $Q_R = \text{Max}\{0, (1,822.3 - 1,800.0)\}$ $= \text{Max}\{0, 22.3\} = 22.3$ 小車/小時	進口匝道 R 尖峰溢流量（小車/小時） • $Q_R = \text{Max}\{0, v_R - c_{R(A)}\}$ (式 5.16)
• $S_{Q(R)} = 8.0 \times 22.3 / 60$ $= 2.97$ 公尺/分鐘	匝道停等車隊回堵速率（公尺/分鐘） 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0$ 公尺 • $S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ (式 5.17)
• $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60$ $= 2.97 \times 60 = 178.2$ 公尺	停等車隊回堵距離（公尺） • $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ (式 5.18)

方案二：將目前交流道進口匝道之車道數擴增為二車道，並調整目前加速車道長度至 300 公尺，以增加目前匝道之容量

匝道區幾何與交通資料示如圖 5.19 所示，分析程序及結果如表 5.14 所示。

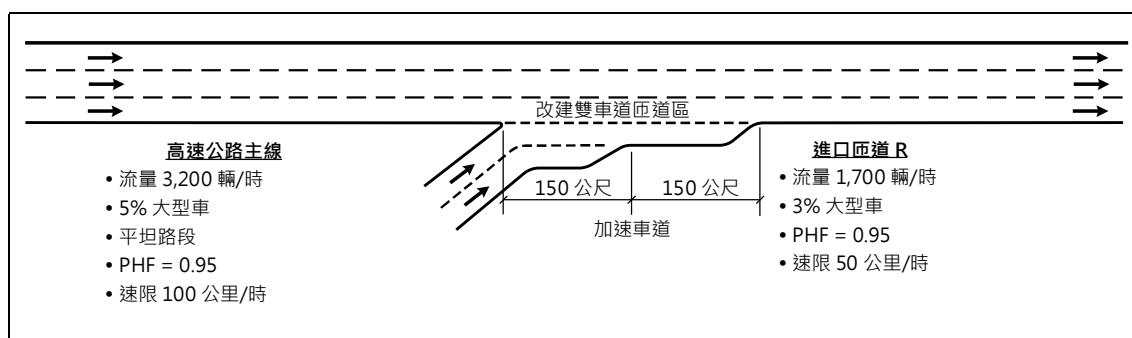


圖 5.19 例題 4 幾何與交通資料（方案二）

表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 獨立進口匝道匯流區 (On-1)	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_R = 2$	匝道 R 車道數
• $L_A = 300$ 公尺 ⁽¹⁾	匝道 R 之加速車道長度（公尺）
• $S_{L(F)} = 100$ 公里/小時	主線 F 速限（公里/小時）
• $S_{L(R)} = 50$ 公里/小時	匝道 R 速限（公里/小時）
• $S_{12(F)} =$ （無資料）	R 匝道區主線外側兩車道平均速率（公里/小時）
• $S_{All(F)} =$ （無資料）	R 匝道區主線全部車道平均速率（公里/小時）
• $D_U > 1,000$ 公尺（獨立匝道區預設值）	R 匝道區與上游匝道之間距（公尺） • 分析獨立匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_D > 1,000$ 公尺（獨立匝道區預設值）	R 匝道區與下游匝道之間距（公尺） • 分析獨立匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道

表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）（續 1）

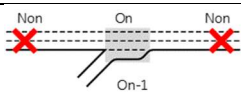
模式變數與計算值		定義與說明				
步驟二：匝道區交通資料						
• $PHF_F = 0.95$; $PHF_R = 0.95$		上游主線 F 或匝道 R 之尖峰小時係數				
• $P_{T(F)} = 0.05$; $P_{C(F)} = 0.00$		主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例				
• $P_{T(R)} = 0.03$; $P_{C(R)} = 0.00$		匝道 R 之大貨車 T 、聯結車 C 比例				
• $E_T = 1.6$; $E_C = 2.0$		大貨車 T 、聯結車 C 當量值				
• $f_{HV(F)}$; $f_{HV(R)}$ 主線 $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$ $= 0.971$ 匝道 $f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$ $= 0.982$		設施 i （上游主線 F 或匝道 R ）之大型車調整因素（式 5.1、5.2） • $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$				
步驟三：估計對等小車需求流率						
• V_F ; V_R （如以下換算表）		上游主線 F 或匝道 R 之小時流量（輛/小時）				
• v_F ; v_R （如以下換算表）		設施 i （上游主線 F 或匝道 R ）之對等小車需求流率（小車/小時） • $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \quad \text{（式 5.3、5.4）}$				
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表						
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF_i	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)		
主線 (F)	3,200	0.95	0.971	3,469.0		
匝道 (R)	1,700	0.95	0.982	1,822.3		
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						
匝道 R 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：無		> 1,000	On-1	估算式 2
		下游：無		> 1,000		

表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）（續 2）

模式變數與計算值	定義與說明
步驟五：匝道區車道分布流率	
由步驟四之 R 匝道區車道分布模式統整表，採估算式 2。	
$P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(300)$ $- 0.000073(1,822.3) = 0.5191$	R 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_A - 0.000073 \cdot v_R$
$v_{12} = 3,469.0 \times 0.5191$ $= 1,800.8$ 小車/小時	R 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） $v_{12} = v_F \cdot P_{FM}$
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率	
$v_{R12} = 1,800.8 + 1,822.3$ $= 3,623.1$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） $v_{R12} = v_{12} + v_R$
$v_{FO} = 3,469.0 + 1,822.3$ $= 5,291.3$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率（小車/小時） $v_{FO} = v_F + v_R$
$v_R = 1,822.3$ 小車/小時	進口匝道小車需求流率（小車/小時）
步驟六(2)：匝道區各檢核項之容量	
$S_F = 105$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率（公里/小時） 表 5.6；速限 $S_L = 100$ 公里/小時之自由車流速率
$v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	R 匝道區檢核點主線外側二車道最大流率（小車/小時） 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
$C_F = 5,700$ 小車/小時	主線 F 總容量（小車/小時） 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
$C_R = 3,000$ 小車/小時	匝道 R 總容量（小車/小時） 表 5.8；車道數 $N_R = 2$、假設無儀控之容量

表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）（續 3）

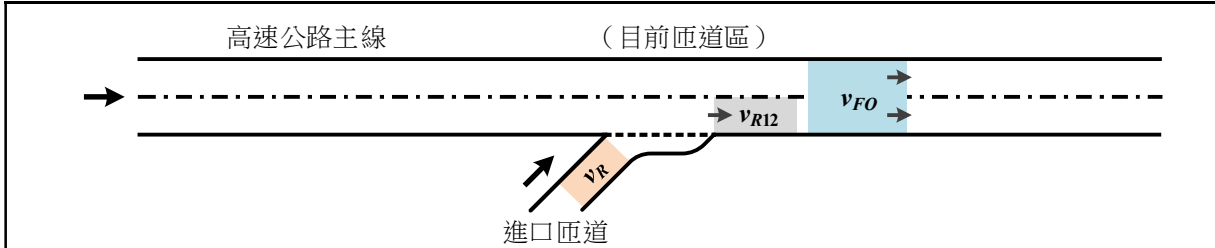
模式變數與計算值		定義與說明				
步驟七(1)：匝道區服務水準評估						
一、主線服務水準						
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,623.1}{3,800} = 0.95$		R 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值（式 5.11） • $v/c = \frac{v_{R12}}{v_{R12(\max)}}$				
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{5,291.3}{5,700} = 0.93$		R 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值（式 5.12） • $v/c = \frac{v_{FO}}{c_F}$				
二、匝道服務水準						
• 進口匝道之 $v/c = \frac{1,822.3}{3,000} = 0.61$		R 匝道區進口匝道之 v/c 值（式 5.13） • $v/c = \frac{v_R}{c_R}$				
R 匝道區各檢核項服務水準評估表						
						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	—	3,623.1	3,800	0.95	—	E
• 主線全部車道 (v_{FO})	—	5,291.3	5,700	0.93	—	E
• 進口匝道 (v_R)	—	1,822.3	3,000	0.61	—	C
步驟七(2)：匝道運作分析						
• $c_R' = 3,800 - 1,800.8$ = 1,999.2 小車/小時		R 匝道區檢核點主線外側二車道剩餘容量（小車/小時） • $c_R' = v_{R12(\text{Max})} - v_{12}$ （式 5.14）				
• $c_R'' = 3,000$ 小車/小時		進口匝道 R 之運作容量 c_R'' （表 5.8）				
• $c_{R(A)} = \text{Min}\{1,999.2, 3,000\}$ = 1,999.2 小車/小時		進口匝道 R 之實際容量（小車/小時） • $c_{R(A)} = \text{Min}\{c_R', c_R''\}$ （式 5.15）				
• $Q_R = \text{Max}\{0, (1,822.3 - 1,999.2)\}$ = $\text{Max}\{0, -176.9\} = 0$ 小車/小時 ⁽²⁾		進口匝道 R 尖峰溢流量（小車/小時） • $Q_R = \text{Max}\{0, v_R - c_{R(A)}\}$ （式 5.16）				

表 5.14 例題 4 服務水準分析（方案二）（續 4）

模式變數與計算值	定義與說明
$\bullet S_{Q(R)} = 8.0 \times 0 / 60$ $= 0.0 \text{ 公尺/分鐘}$	匝道停等車隊回堵速率（公尺/分鐘） 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0 \text{ 公尺}$ $\bullet S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ （式 5.17）
$\bullet D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60$ $= 0.0 \times 60 = 0.0 \text{ 公尺}$	停等車隊回堵距離（公尺） $\bullet D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ （式 5.18）

註 1：美國公路容量手冊[8,9]估計匯流區主線車流密度時，對雙車道匝道之加速車道長度係以每一車道之加速車道長度總和來概估，以本方案之示意圖 5.14 為例，即 $150(2)+150=450 \text{ 公尺}$ ，因目前尚無實證顯示此作法之適用性，故本例題直接只採毗鄰主線最外側車道之加速車道長度來估算，即 $150+150=300 \text{ 公尺}$ ）

註 2：進口匝道小車需求流率（ $v_R = 1,822.3 \text{ 小車/小時}$ ）低於匝道實際容量（ $c_{R(A)} = 1,999.2 \text{ 小車/小時}$ ），故未發生溢流，匝道車流不會發生回堵。

方案三：在緊鄰目前交流道進口匝道 R_2 上游 500 公尺新建一處具一車道、加速車道長 200 公尺之進口匝道 R_1 ，以分散目前匝道之交通負荷

假設屆時流量將有每小時 500 輛仍使用目前匝道 R_2 ，1,200 輛轉移至新建匝道 R_1 。匝道區幾何與交通資料示如圖 5.20 所示，分析程序及結果如表 5.15 所示。

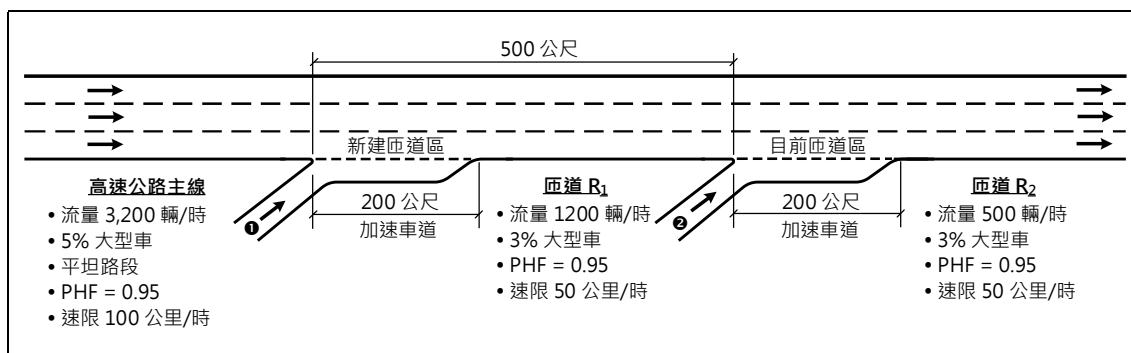


圖 5.20 例題 4 幾何與交通資料（方案三）

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）

模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 進口匝道匯流區上游緊鄰另一進口匝道匯流區	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• F = 高速公路主線 • R_1 = 上游匝道 1 • R_2 = 下游匝道 2（目前匝道匯流區）	設施代碼
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_{R1} = 1$; $N_{R2} = 1$	匝道 R_1 、 R_2 車道數
• $L_{A1} = 200$ 公尺	匝道 R_1 之加速車道長度（公尺）
• $L_{A2} = 200$ 公尺	匝道 R_2 之加速車道長度（公尺）
• $S_{L(F)} = 100$ 公里/小時	主線 F 速限（公里/小時）
• $S_{L(R1)} = 50$; $S_{L(R2)} = 50$ 公里/小時	匝道 R_1 、 R_2 速限（公里/小時）
• $S_{12(F)} =$ （無資料）	目前 R_2 匝道區主線外側兩車道平均速率（公里/小時）
• $S_{All(F)} =$ （無資料）	目前 R_2 匝道區主線全部車道平均速率（公里/小時）
• $D_{U1} > 1,000$ 公尺（間距過長之預設值）	R_1 匝道區與上游匝道之間距（公尺） • 分析 R_1 匝道區時，假設其與上游匝道距離很長，或上游無其他匝道
• $D_{D1} = 500$ 公尺	R_1 匝道區與下游匝道之間距（公尺）
• $D_{U2} = 500$ 公尺	R_2 匝道區與上游匝道之間距（公尺）
• $D_{D2} > 1,000$ 公尺（間距過長之預設值）	R_2 匝道區與下游匝道之間距（公尺） • 分析 R_2 匝道區時，假設其與下游匝道距離很長，或下游無其他匝道
步驟二：匝道區交通資料	
• $PHF_F = 0.95$ • $PHF_{R1} = 0.95$; $PHF_{R2} = 0.95$	上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.05$; $P_{C(F)} = 0.00$	主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R1)} = 0.03$; $P_{C(R1)} = 0.00$	匝道 R_1 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R2)} = 0.03$; $P_{C(R2)} = 0.00$	匝道 R_2 大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $E_T = 1.6$; $E_C = 2.0$	大貨車 T 、聯結車 C 當量值

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 1）

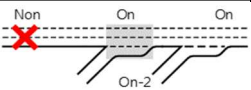
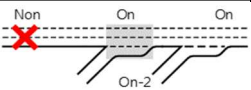
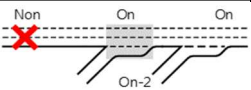
模式變數與計算值		定義與說明																		
• $f_{HV(F)} ; f_{HV(R1)} ; f_{HV(R2)}$ $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$$= 0.971$$f_{HV(R1)} = f_{HV(R2)}$$= \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$$= 0.982$		設施 i（上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2）之大型車調整因素（式 5.1、5.2） • $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$																		
步驟三：估計對等小車需求流率																				
• $V_F ; V_{R1} ; V_{R2}$（如以下換算表）		上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之小時流量（輛/小時）																		
• $v_F ; v_{R1} ; v_{R2}$（如以下換算表）		設施 i（上游主線 F、匝道 R_1、匝道 R_2）之對等小車需求流率（小車/小時） • $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \quad (\text{式 5.3、5.4})$																		
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表																				
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF_i	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)																
主線 (F)	3,200	0.95	0.971	3,469.0																
新建匝道 (R_1)	1,200	0.95	0.982	1,286.3																
目前匝道 (R_2)	500	0.95	0.982	536.0																
步驟四：匝道區類型與車道分布模式																				
• 依圖 5.11、表 5.4、表 5.5 檢視匝道 R_1、R_2 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表： (1) R_1 匝道區 匝道 R_1 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表 <table><tr><th>主線 N_F</th><th>目前匝道 R_1</th><th>相鄰匝道</th><th>匝道類型</th><th>匝道間距 (m)</th><th>匝道類型</th><th>車道分布模式</th></tr><tr><td rowspan="2">3</td><td rowspan="2">進口匝道 (新建匝道)</td><td>上游：無</td><td rowspan="2"></td><td>> 1,000</td><td rowspan="2">On-2</td><td rowspan="2">估算式 2</td></tr><tr><td>下游：進口</td><td>500</td></tr></table> 由上表，因匝道 R_1 與下游匝道 R_2 間之組合匝道類型有 On-1 和 On-2，但兩種類型之車道分布模式都是表 5.5 之估算式 2，故不須再區分獨立或緊鄰匝道。					主線 N_F	目前匝道 R_1	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距 (m)	匝道類型	車道分布模式	3	進口匝道 (新建匝道)	上游：無		> 1,000	On-2	估算式 2	下游：進口	500
主線 N_F	目前匝道 R_1	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距 (m)	匝道類型	車道分布模式														
3	進口匝道 (新建匝道)	上游：無		> 1,000	On-2	估算式 2														
		下游：進口		500																

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 2）

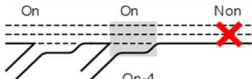
模式變數與計算值				定義與說明		
(2) R_2 匝道區						
匝道 R_2 之相鄰上/下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	目前匝道 R_2	相鄰匝道	匝道類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道 (目前匝道)	上游：進口		500	On-4	估算式 2
		下游：無	On-4	> 1,000		估算式 3
由上表，若目前匝道 R_2 為非獨立類型（On-4），則車流可能受上游新建匝道 R_1 影響，故其主線外側二車道流率分布比例應同時比較表 5.5 之估算式 2、3，採其中較大值。						
步驟五：匝道區車道分布流率						
1. 新建 R_1 匝道區						
• 由步驟四之 R_1 匝道區車道分布模式統整表，採估算式 2。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(200)$ $- 0.000073(1,286.3) = 0.5495$				新建 R_1 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_{A1} - 0.000073 \cdot v_{R1}$		
• $v_{12} = 3,469.0 \times 0.5495$ $= 1,906.2$ 小車/小時				新建 R_1 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） • $v_{12} = v_F \cdot P_{FM}$		
2. 目前 R_2 匝道區						
• 由步驟四之 R_2 匝道區車道分布模式統整表，應同時比較估算式 2、3。						
• $P_{FM} = P_{FM(\text{獨立})}$ $= 0.6260 + 0.000087(200)$ $- 0.000073(536.0) = 0.6043$				目前 R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 2） • $P_{FM} = 0.6260 + 0.000087 \cdot L_{A2} - 0.000073 \cdot v_{R2}$		
• $P_{FM} = P_{FM(\text{非獨立})}$ $= \frac{0.9813 \cdot (1,906.2 + 1,286.3)}{3,469.0 + 1,286.3}$ $= 0.6588$				目前 R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例（表 5.4，估算式 3） • $P_{FM} = \frac{0.9813 \cdot (v_{12}^U + v_R^U)}{v_F^U + v_R^U}$ (其中 $v_F^U = v_F$ ； $v_R^U = v_{R1}$)		
• $P_{FM} = \text{Max}\{0.6043, 0.6588\}$ $= 0.6588$				目前 R_2 匝道區上游主線外側二車道流率分布比例 • 比較估算式 2 與 3，取較大值 • $P_{FM} = \text{Max}\{P_{FM(\text{獨立})}, P_{FM(\text{非獨立})}\}$		

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 3）

模式變數與計算值	定義與說明
$v_{12} = (3,469.0 + 1,286.3) \times 0.6588$ $= 3,132.8$ 小車/小時	目前 R_2 匝道區上游主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） $v_{12} = (v_F^U + v_R^U) \cdot P_{FM}$
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率	
1. 新建 R_1 匝道區	
$v_{R12} = 1,906.2 + 1,286.3$ $= 3,192.5$ 小車/小時	新建 R_1 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） $v_{R12(R1)} = v_{12(R1)} + v_{R1}$
$v_{FO} = 3,469.0 + 1,286.3$ $= 4,755.3$ 小車/小時	新建 R_1 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率（小車/小時） $v_{FO(R1)} = v_F + v_{R1}$
$v_{R1} = 1,286.3$ 小車/小時	進口匝道小車需求流率（小車/小時）
2. 目前 R_2 匝道區	
$v_{R12} = 3,132.8 + 536.0$ $= 3,668.8$ 小車/小時	目前 R_2 匝道區檢核點主線外側二車道小車需求流率（小車/小時） $v_{R12(R2)} = v_{12(R2)} + v_{R2}$
$v_{FO} = 4,755.3 + 536.0$ $= 5,291.3$ 小車/小時	目前 R_2 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率（小車/小時） $v_{FO(R2)} = (v_F^U + v_R^U) + v_{R2} = (v_F + v_{R1}) + v_{R2}$
$v_{R2} = 536.0$ 小車/小時	進口匝道小車需求流率（小車/小時）
步驟六(2)：匝道區各檢核項之容量	
$S_F = 105$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率（公里/小時） 表 5.6；速限 $S_L = 100$ 公里/小時之自由車流速率
$v_{R12(\text{Max})} = 3,800$ 小車/小時	各匝道區檢核點主線外側二車道最大流率（小車/小時） 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
$c_F = 5,700$ 小車/小時	主線 F 總容量（小車/小時） 表 5.7；自由速率 $S_F = 105$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 4）

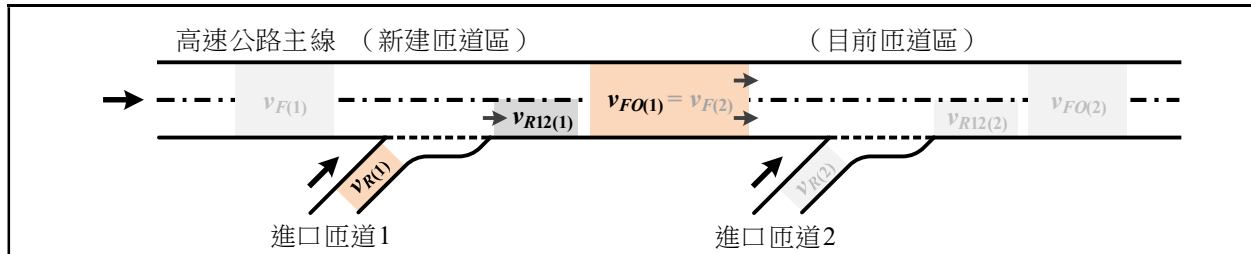
模式變數與計算值	定義與說明					
• $C_{R1} = C_{R2} = C_R = 1,800$ 小車/小時	各匝道總容量（小車/小時） • 表 5.8；車道數 $N_{R1} = N_{R2} = 1$；規劃設計或運作分析，假設無儀控之容量					
步驟七(1.1)：新建 R_1 匝道區服務水準評估						
一、主線服務水準						
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,192.5}{3,800} = 0.84$	新建 R_1 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值（式 5.11） • $v/c = \frac{v_{R12(R1)}}{v_{R12(max)}}$					
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,755.3}{5,700} = 0.83$	新建 R_1 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值（式 5.12） • $v/c = \frac{v_{FO(R1)}}{C_F}$					
二、匝道服務水準						
• 進口匝道之 $v/c = \frac{1,286.3}{1,800} = 0.71$	新建 R_1 匝道區進口匝道之 v/c 值（式 5.13） • $v/c = \frac{v_{R1}}{C_{R1}}$					
新建 R_1 匝道區各檢核項服務水準評估表						
						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	—	3,192.5	3,800	0.84	—	D
• 主線全部車道 (v_{FO})	—	4,755.3	5,700	0.83	—	D
• 進口匝道 (v_{R1})	—	1,286.3	1,800	0.71	—	C
步驟七(1.2)：目前 R_2 匝道區服務水準評估						
一、主線服務水準						
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{3,668.8}{3,800} = 0.97$	目前 R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值（式 5.11） • $v/c = \frac{v_{R12(R2)}}{v_{R12(max)}}$					

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 5）

模式變數與計算值		定義與說明				
主線全部車道之 $v/c = \frac{5,291.3}{5,700} = 0.93$		目前 R_2 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值（式 5.12） $v/c = \frac{v_{FO(R2)}}{c_F}$				
二、匝道服務水準						
進口匝道之 $v/c = \frac{536.0}{1,800} = 0.30$		目前 R_2 匝道區進口匝道之 v/c 值（式 5.13） $v/c = \frac{v_{R2}}{c_{R2}}$				
目前 R_2 匝道區各檢核項服務水準評估表						
檢核項	平均速率 (公里/小時)	需求流率 (小車/小時)	容量 (小車/小時)	v/c	S/S_L	服務水準
• 主線外側二車道 (v_{R12})	—	3,668.8	3,800	0.97	—	E
• 主線全部車道 (v_{FO})	—	5,291.3	5,700	0.93	—	E
• 進口匝道 (v_{R2})	—	536.0	1,800	0.30	—	B
步驟七(2.1)：新建匝道 R_1 運作分析						
$c_{R'} = 3,800 - 1,906.2 = 1,893.8$ 小車/小時		R_1 匝道區檢核點主線外側二車道之剩餘容量（小車/小時） $c_{R1'} = v_{R12(\text{Max})} - v_{12(R1)}$ （式 5.14）				
$c_{R''} = 1,800$ 小車/小時		進口匝道 R_1 之運作容量 $c_{R''}$ （表 5.8）				
$c_{R(A)} = \text{Min}\{1,893.8, 1,800\}$ $= 1,800$ 小車/小時		進口匝道 R_1 之實際容量（小車/小時） $c_{R1(A)} = \text{Min}\{c_{R1'}, c_{R1''}\}$ （式 5.15）				
$Q_R = \text{Max}\{0, (1,286.3 - 1,800)\}$ $= \text{Max}\{0, -513.7\} = 0$ 小車/小時		進口匝道 R_1 尖峰溢流量（小車/小時） $Q_{R1} = \text{Max}\{0, v_{R1} - c_{R1(A)}\}$ （式 5.16）				
$S_{Q(R)} = 8.0 \times 0 / 60$ $= 0.0$ 公尺/分鐘		匝道停等車隊回堵速率（公尺/分鐘） 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0$ 公尺 $S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ （式 5.17）				
$D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60$ $= 0.0 \times 60 = 0.0$ 公尺		停等車隊回堵距離（公尺） $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ （式 5.18）				

表 5.15 例題 4 服務水準分析（方案三）（續 6）

模式變數與計算值	定義與說明
步驟七(2.2)：目前匝道 R_2 運作分析	
• $c_{R'} = 3,800 - 3,132.8 = 667.2$ 小車/小時	R_2 匝道區檢核點主線外側二車道之剩餘容量（小車/小時） • $c_{R2'} = v_{R12(\text{Max})} - v_{12(R2)}$ （式 5.14）
• $c_{R''} = 1,800$ 小車/小時	進口匝道 R_2 之運作容量 $c_{R2''}$ （表 5.8）
• $c_{R(A)} = \text{Min}\{667.2, 1,800\}$ = 667.2 小車/小時	進口匝道 R_2 之實際容量（小車/小時） • $c_{R2(A)} = \text{Min}\{c_{R2'}, c_{R2''}\}$ （式 5.15）
• $Q_R = \text{Max}\{0, (536.0 - 667.2)\}$ = $\text{Max}\{0, -131.2\} = 0$ 小車/小時	進口匝道 R_2 尖峰溢流量（小車/小時） • $Q_{R2} = \text{Max}\{0, v_{R2} - c_{R2(A)}\}$ （式 5.16）
• $S_{Q(R)} = 8.0 \times 0 / 60$ = 0.0 公尺/分鐘	匝道停等車隊回堵速率（公尺/分鐘） 設前後兩車平均停等間距 $V_L = 8.0$ 公尺 • $S_{Q(R)} = V_L \cdot Q_R / 60$ （式 5.17）
• $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \times 60$ = $0.0 \times 60 = 0.0$ 公尺	停等車隊回堵距離（公尺） • $D_{Q(R)} = S_{Q(R)} \cdot 60$ （式 5.18）

評析：

例題 4 各方案分析資料，彙整如表 5.16。

• 方案一

延伸加速車道長度雖可增加匝道車輛匯入主線前之緩衝距離，但根據本流率分布模式（加速車道長度之係數為減項，匝道流率之係數為加項），預計也會增加主線車輛行駛外側車道的比例，降低匝道車輛匯入主線的自由度，故在現有主線需求流率下，可能會降低匝道的服務流率，在尖峰小時內匝道停等車隊回堵距離預估將達 178.2 公尺。

• 方案二

增闢進口匝道車道數，通常也會延伸加速車道長度，故與方案一相同，會增加主線車輛行駛外側車道的比例，然而當主線外側兩車道有足夠的剩餘容量時（方案一、二分別為 2,029 與 1,999 小車/小時），本方案因為多設一車道，匝道運作容量可達 3,000 小車/小時，因此最多可讓需求流率 1,999 小車/小時匯入主線，不像方案一受匝道容量 1,800 小車/小時之限制，最多只能匯入 1,800 小車/小時。

上述兩車道數方案在預計匝道需求流率下所對應之溢流量，可據以推估匝道車隊回堵之速率（假設已知前、後兩停等車輛之平均間距，本例題假設為 8 公尺），以及停等車隊最大回堵距離，供設計匝道長度時之參考。

表 5.16 例題 4 各方案分析彙整

模式參數項	方案一	方案二	方案三	
	目前匝道	增闢二線匝道	新建匝道 R_1	目前匝道 R_2
• 主線車道數	3	3	3	3
• 匝道車道數	1	2	1	1
• 加速車道長度 L_A (公尺)	200	300	200	200
• 主線速限 (自由流速) $S_{L(F)}, S_{F(F)}$ (公里/小時)	100 (105)	100 (105)	100 (105)	100 (105)
• 匝道速限 $S_{L(R)}$ (公里/小時)	50	50	50	50
• 匯流區上游主線外側二車道流率比例 P_{FM}	0.5104	0.5191	0.5495	0.6588
• 匯流區上游主線外側二車道流率 v_{12} (小車/小時)	1,770.6	1,800.8	1,906.2	3,132.8
• 檢核點主線外側二車道最大流率 $v_{R12(Max)}$	3,800.0	3,800.0	3,800.0	3,800.0
• 匝道允許最大通行流率 c_R' (小車/小時) ⁽¹⁾	2,029.4	1,999.2	1,893.8	667.2
• 匝道運作容量 c_R'' (小車/小時)	1,800	3,000	1,800	1,800
• 匝道實際容量 $\text{Min}\{c_R', c_R''\}$ (小車/小時) ⁽²⁾	1,800.0	1,999.2	1,800.0	667.2
• 匝道尖峰小時流量 V_R (輛/小時)	1,700	1,700	1,200	500
• 匝道尖峰小時小車需求流率 v_R (小車/小時)	1,822.3	1,822.3	1,286.3	536.0
• 匝道估計溢流量 Q_R (小車/小時)	22.3	0.0	0.0	0.0
• 匝道溢流回堵速率 $S_{Q(R)}$ (公尺/分鐘) ⁽³⁾	2.97	0.0	0.0	0.0
• 匝道尖峰小時溢流回堵長度 $D_{Q(R)}$ (公尺)	178.2	0.0	0.0	0.0
• 匝道區上游主線外側二車道之 v/c 服務水準等級	E 級	E 級	D 級	E 級
• 匝道區上游主線全部車道之 v/c 服務水準等級	E 級	E 級	D 級	E 級
• 匝道區進口匝道之 v/c 服務水準等級	F 級	C 級	C 級	B 級

註：1. 匝道允許最大通行流率為匝道在主線外側二車道目前需求流率下，可匯入主線之最大流率。

2. 匝道實際容量為匝道在主線外側二車道目前需求流率與匝道運作容量的雙重限制下，可匯入主線之最大流率。

3. 預設前後小車停等間距（含後車車長）為 8.0 公尺。

• 方案三

新建上游進口匝道方案在主線流量 3,200 輛/小時，以及預估新、舊兩匝道流量分配為 1,200：500 輛/小時之下，兩處匝道預計都不會

發生溢流，但因兩緊鄰進口匝道中之下游匝道區運作往往會受來自上游匝道車流影響，若稍增加目前舊匝道（下游匝道 R_2 ）之分配流量，該匝道預期應會立即發生溢流。

此外，增設匝道尚需依「高速公路增設及改善交流道設置原則」評估各方案對主線服務水準的影響，本例題僅就匝道方案之運作進行分析。

5.6.5 例題 5、新建交流道之最大服務流率與服務流量分析

高速公路局擬在目標年於單向三車道高速公路主線某處新建一處獨立交流道，因各地方社經環境、道路交通等特性互異，交通需求水準和成長程度也不相同。

假設新建匝道計畫要求進口匝道匯流區主線檢核點之各分析車道檢核項運作服務水準至少在某一等級 i 以上，則管理當局希望事先進行以下情境分析：

情境 1：假設目標年新建進口匝道之尖峰小時需求流率約為主線的 20%，則主線在各級服務水準 i ($i = A, B, C, D, E$) 之下，允許最大服務流率 (maximum service flow, MSF) 與服務流量 (service volume, SV) 範圍各為何？

情境 2：已預知主線在目標年之尖峰小時流量為 3,500 輛/小時，則新建進口匝道在各級服務水準 i ($i = A, B, C, D, E$) 之下，允許之最大服務流率 (MSF) 與服務流量 (SV) 範圍各為何？

📁 匝道區之幾何、交通基本資料

- 主線車道數 $N_F = 3$
- 主線速限 $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時
- 預定進口匝道速限 $S_{L(R)} = 40$ 公里/小時
- 預定進口匝道加速車道長度 $L_A = 300$ 公尺
- 主線、進口匝道之尖峰小時係數 $PHF_F = PHF_R = 0.95$
- 主線大型車比例 $P_{F(T)} = 5\% = 0.05$
- 進口匝道大型車比例 $P_{R(T)} = 3\% = 0.03$

- 大型車當量 $E_T = 1.6$
- 各級服務水準 LOS i ($i = A, B, C, D, E$) 之最大 $v/c_{(i)}$ 值
查表 5.2 : $v/c_{(A)} = 0.25$, $v/c_{(B)} = 0.50$, $v/c_{(C)} = 0.80$,
 $v/c_{(D)} = 0.90$, $v/c_{(E)} = 1.00$

一、情境 1 分析

匝道區之幾何、交通資料如圖 5.21 所示。假設目標年新建進口匝道之尖峰小時需求流率約為主線的 20%，則主線在各級服務水準下，允許之最大服務流率(MSF)與服務流量(SV)範圍各為何？

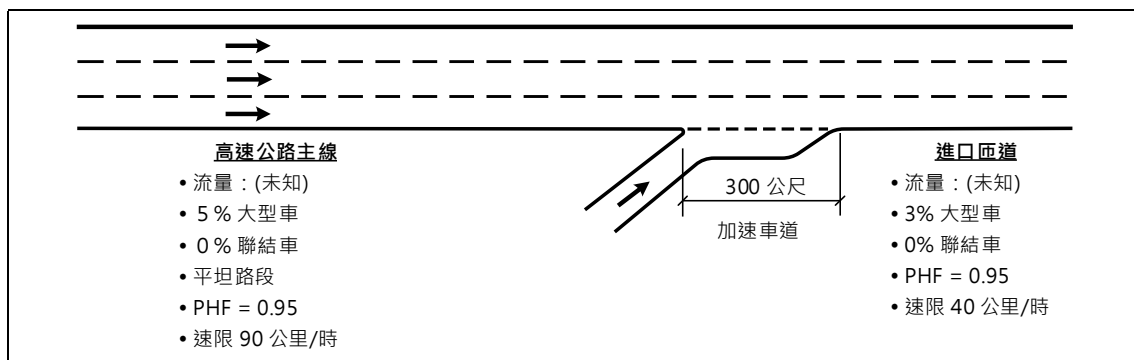


圖 5.21 例題 5 幾何與交通資料 (情境 1)

解：

- 進口匝道與主線尖峰小時需求流率比例 $x = 0.20$ (已知)
- 主線大型車調整因素

$$f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1)} = 0.971$$

- 進口匝道大型車調整因素

$$f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1)} = 0.982$$

- 主線外側二車道小車需求流率

$$v_{12} = v_F \times P_{FM} = v_F (0.626 + 0.000087 L_A - 0.000073 v_R)$$

採 P_{FM} 估算式 2

$$= v_F [0.626 + 0.000087 L_A - 0.000073 (x \cdot v_F)]$$

$$= (0.626 + 0.000087 L_A) v_F - (0.000073 x) v_F^2$$

$$\text{令 常數 } M = 0.626 + 0.000087 L_A = 0.626 + 0.000087 (300)$$

$$= 0.6521 \text{ (此為上列 } v_{12} \text{ 估算式之第一項係數)}$$

$$\begin{aligned} \text{乘數 } K &= 0.000073 \cdot x = 0.000073 (0.20) \\ &= 0.0000146 \quad (\text{此為上列 } v_{12} \text{ 估算式之第二項係數}) \end{aligned}$$

1. 檢核點主線外側二車道之車流分析

- 主線外側二車道小車需求流率

$$v_{R12} = v_R + v_{12} = x \cdot v_F + M \cdot v_F - K \cdot v_F^2 = (x + M) \cdot v_F - K \cdot v_F^2$$

- 主線外側二車道最大流率

$$v_{R12(\text{Max})} = 3,800 \text{ 小車/小時}$$

(主線 F 之速限 $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時，故其自由車流速率 $S_{F(F)} = 100$ 公里/小時；查表 5.6、表 5.7)

- 令檢核點主線外側二車道之最大服務流率 $A_{1(i)} = v_{R12(\text{Max})} \times v/c_{(i)}$ ，其中 $i = A, B, C, D, E$

$$\begin{aligned} \text{得 } A_{1(A)} &= 950, \quad A_{1(B)} = 1,900, \quad A_{1(C)} = 3,040, \quad A_{1(D)} = 3,420 \\ A_{1(E)} &= 3,800 \end{aligned}$$

- 滿足 $v_{R12} = A_{1(i)}$ ($i = A, B, C, D, E$) 之主線 F 最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 為下式之 $v_{F(i)}$ 解：

$$K \cdot v_{F(i)}^2 - (x + M) \cdot v_{F(i)} + A_{1(i)} = 0 \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

$$\bullet \text{ 得 } \text{MSF}_{F(i)} (= v_{F(i)}) = \frac{(M + x) - \sqrt{(M + x)^2 - 4 \cdot K \cdot A_{1(i)}}}{2 \cdot K}$$

其中 $i = A, B, C, D, E$

- 對應於高速公路主線 F 各級最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 之對等服務流量 $\text{SV}_{F(i)}$ 為：

$$\text{SV}_{F(i)} = \text{MSF}_{F(i)} \times f_{HV(F)} \times \text{PHF}_F \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 高速公路主線對應各級服務水準 i 之最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 與服務流量 $\text{SV}_{F(i)}$ 分析結果如表 5.17 所示。

表 5.17 例題 5 對應檢核點主線外側二車道各級服務水準之
主線最大服務流率與服務流量（情境 1）

服務 水準	最大 $v/c_{(i)}$	主線外側 二車道 最大流率	匝道/主線 需求流率比	常 數	乘 數	主線外側 二車道 服務流率	主線最大服務流率與流量	
		$v_{R12}(\text{Max})$	x	M	K	A_1 (小車/小時)	MSF_F (小車/小時)	SV_F (輛/小時)
A	0.25	3,800 (小車/小時)	0.20	0.6521	1.46×10^{-5}	950	1,137	1,049
B	0.50					1,900	2,322	2,142
C	0.80					3,040	3,817	3,521
D	0.90					3,420	4,336	3,999
E	1.00					3,800	4,865	4,488

2. 檢核點主線全部車道之車流分析

- 主線全部車道小車需求流率 $v_{FO} = v_F + v_R = (x + 1) \cdot v_F$
- 主線全部車道容量 $c_F = 5,550$ 小車/小時
(主線 F 之速限 $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時，故其自由車流速率 $S_{F(F)} = 100$ 公里/小時；查表 5.6、表 5.7)
- 令檢核點主線全部車道之最大服務流率 $A_{2(i)} = c_F \times v/c_{(i)}$
其中 $i = A, B, C, D, E$

$$\text{得 } A_{2(A)} = 1,387.5, \quad A_{2(B)} = 2,775, \quad A_{2(C)} = 4,440,$$

$$A_{2(D)} = 4,995, \quad A_{2(E)} = 5,550$$

- 滿足 $v_{FO} = A_{2(i)}$ ($i = A, B, C, D, E$) 之主線 F 最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 為下式 $v_{F(i)}$ 解：

$$(x + 1) \cdot v_{F(i)} = A_{2(i)} \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 得 $\text{MSF}_{F(i)} (= v_{F(i)}) = \frac{A_{2(i)}}{x + 1}$ 其中 $i = A, B, C, D, E$

- 對應於高速公路主線 F 各級最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 之對等服務流量 $\text{SV}_{F(i)}$ 為：

$$\text{SV}_{F(i)} = \text{MSF}_{F(i)} \times f_{HV(F)} \times \text{PHF}_F \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 高速公路主線對應各級服務水準 i 之主線最大服務流率 $\text{MSF}_{F(i)}$ 與服務流量 $\text{SV}_{F(i)}$ 分析結果如表 5.18 所示。

表 5.18 例題 5 對應檢核點全部車道各級服務水準之
主線最大服務流率與服務流量（情境 1）

服務水準	最大 $v/c_{(i)}$	主線全部 車道容量	匝道/主線 需求流率比	常 數	乘 數	主線全部車道 服務流率	主線最大服務流率與流量	
		C_F	x	M	K	$A_{2(i)}$ (小車/小時)	MSF_F (小車/小時)	SV_F (輛/小時)
A	0.25	5,550 (小車/小時)	0.20	-	-	1,387	1,156	1,066
B	0.50					2,775	2,313	2,133
C	0.80					4,440	3,700	3,413
D	0.90					4,995	4,163	3,839
E	1.00					5,550	4,625	4,266

綜合以上進口匝道匯流區於主線之 2 個檢核項(主線外側二車道、主線全部車道)，在特定服務水準下，主線各對應有不同之最大服務流率 $MSF_{F(i)}$ 與服務流量 $SV_{F(i)}$ ，如果要求主線 2 個檢核項之服務水準等級都必須一致，則事前規劃時，應將表 5.17、5.18 中，主線 F 在同一服務水準等級（例如 D 級）的最大服務流率 $MSF_{F(i=D)}$ （或服務流量 $SV_{F(i=D)}$ ）範圍進行交集，以獲知主線在目標年之流量水準是否能達到預計之服務水準。

表 5.19 為經交集整理後，對應於各級服務水準之主線允許最大服務流率 $MSF_{F(i)}$ 與服務流量 $SV_{F(i)}$ 範圍。

表 5.19 例題 5 對應匝道匯流區檢核點各級服務水準之
主線最大服務流率與服務流量（情境 1）

服務水準 (i)	最大服務流率 $MSF_{F(i)}$ (小車/小時)	最大服務流量 $SV_{F(i)}$ (輛/小時)
A	1,137	1,049
B	2,313	2,133
C	3,700	3,413
D	4,163	3,839
E	4,625	4,266

比對表 5.17、5.18 可知「主線外側二車道」與「主線全部車道」兩檢核項在每一級服務水準 i ，即使 v/c 比值範圍相同，其主線最大服務流率（或服務流量）範圍並不相同；因此，在道路規劃或設計時，

若只著重滿足某單一檢核項（例如主線外側二車道）之運作品質，則只要查對該檢核項所屬之主線最大服務流率與服務流量表（如表 5.17）即可，但若要同時滿足兩檢核項之運作品質，則必須將表 5.17、5.18 予以整合，表 5.19 所界定主線每一級服務水準 i 之最大服務流率（或服務流量）值即為可同時滿足表 5.17、5.18 中各該級服務水準 i 之最大服務流率（或服務流量）。

根據上述，假設預測主線需求流率 $v_F = 3,800$ 小車/小時，從車道規劃面來看，如果規劃之服務水準為 D 級，則主線外側二車道和主線全部車道兩檢核項都可達到此服務等級要求，但如果規劃之服務水準為 C 級，則只有主線外側二車道可達到此服務等級；從交通運作面來看，當主線需求流率 $v_F = 3,800$ 小車/小時，則可預估主線外側二車道之服務水準為 C 級，而主線全部車道之服務水準為 D 級。

二、情境 2 分析

匝道區幾何、交通資料如圖 5.22 所示。已預知主線在目標年之尖峰小時流量為 3,500 輛/小時，則在主線各級服務水準下，新建進口匝道允許之最大服務流率 (MSF) 與服務流量 (SV) 範圍各為何？

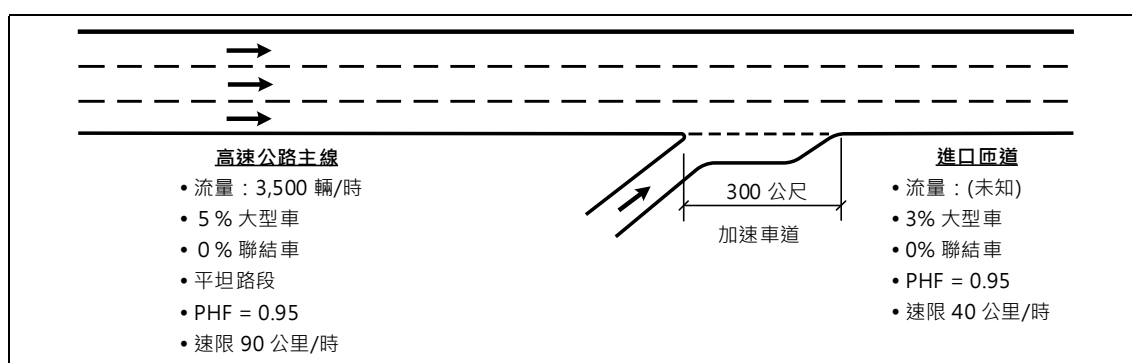


圖 5.22 例題 5 幾何與交通資料（情境 2）

解：

- 主線在目標年之尖峰小時流量 $V_F = 3,500$ 輛/小時（已知）
- 主線大型車調整因素

$$f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0.05(1.6 - 1)} = 0.971$$

- 進口匝道大型車調整因素

$$f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1)} = 0.982$$

- 主線小車需求流率

$$v_F = \frac{V_F}{PHF_F \cdot f_{HV(F)}} = \frac{3,500}{0.95(0.971)} = 3,794 \text{ (小車/小時)}$$

- 主線外側二車道小車需求流率 $v_{12} = v_F \times P_{FM}$

$$v_{12} = v_F \times P_{FM} = v_F(0.626 + 0.000087L_A - 0.000073v_R)$$

採 P_{FM} 估算式 2

$$= v_F[0.626 + 0.000087L_A - 0.000073v_R]$$

$$= (0.626 + 0.000087L_A) v_F - (0.000073v_F) v_R$$

令 常數 $M = (0.626 + 0.000087L_A) v_F$

$$= [0.626 + 0.000087(300)] (3,794)$$

$$= 2,474.07 \text{ (此為上列 } v_{12} \text{ 估算式之第一項)}$$

$$\text{乘數 } K = 0.000073 v_F = 0.000073 (3,794.7)$$

$$= 0.27702 \text{ (此為上列 } v_{12} \text{ 估算式之第二項係數)}$$

1. 檢核點主線外側二車道之車流分析

- 主線外側二車道小車需求流率

$$v_{R12} = v_R + v_{12} = v_R + (M - K \cdot v_R) = M + (1 - K) \cdot v_R$$

- 主線外側二車道最大流率

$$v_{R12(\text{Max})} = 3,800 \text{ 小車/小時}$$

(主線 F 之速限 $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時，故其自由車流速率 $S_{F(F)} = 100$ 公里/小時；查表 5.6、表 5.7)

- 令檢核點主線外側二車道之最大服務流率 $B_{1(i)} = v_{R12(\text{Max})} \times v/c_{(i)}$ ，
其中 $i = A, B, C, D, E$

$$\text{得 } B_{1(A)} = 950, \quad B_{1(B)} = 1,900, \quad B_{1(C)} = 3,040, \quad B_{1(D)} = 3,420,$$

$$B_{1(E)} = 3,800$$

- 滿足 $v_{R12} = B_{1(i)} (i=A, B, C, D, E)$ 之進口匝道 R 最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 為下式之 $v_{R(i)}$ 解：

$$M + (1 - K) \cdot v_{R(i)} = B_{1(i)} \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 得 $MSF_{R(i)} (= v_{R(i)}) = \frac{B_{1(i)} - M}{1 - K} \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$
- 對應於進口匝道 R 各級最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 之對等服務流量 $SV_{R(i)}$ 為：

$$SV_{R(i)} = MSF_{R(i)} \times f_{HV(R)} \times PHF_R \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 進口匝道對應各級服務水準 i 之最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 與服務流量 $SV_{R(i)}$ 分析結果如表 5.20 所示。

表 5.20 例題 5 對應檢核點主線外側二車道各級服務水準之進口匝道最大服務流率與服務流量（情境 2）

服務水準	最大 v/c_i	主線外側二車道最大流率	主線需求流率	常數	乘數	主線外側二車道服務流率	匝道最大服務流率與流量	
		$v_{R12}(\text{Max})$	v_F	M	K	$B_{1(i)} (\text{小車/小時})$	$MSF_R (\text{小車/小時})$	$SV_R (\text{輛/小時})$
A	0.25	3,800 (小車/小時)	3,794 (小車/小時)	2,474.07	0.27702	950	$(-2,108)^1$	$(-1,967)^1$
B	0.50					1,900	$(-794)^1$	$(-740)^1$
C	0.80					3,040	783	730
D	0.90					3,420	1,308	1,220
E	1.00					3,800	1,834	1,711

註：¹ 負值，表示在已知主線需求流率 3,500 輛/小時之下，匝道區檢核點車流運作品質無法達到此服務水準等級

2. 檢核點主線全部車道之車流分析

- 主線全部車道小車需求流率 $v_{FO} = v_F + v_R$
- 主線全部車道容量 $c_F = 5,550$ 小車/小時
(主線 F 之速限 $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時，故其自由車流速率 $S_{F(F)} = 100$ 公里/小時；查表 5.6、表 5.7)
- 令檢核點主線全部車道之最大服務流率 $B_{2(i)} = c_F \times v/c_i$
其中 $i = A, B, C, D, E$

$$\text{得 } B_{2(A)} = 1,388, \quad B_{2(B)} = 2,775, \quad B_{2(C)} = 4,440, \quad B_{2(D)} = 4,995, \\ B_{2(E)} = 5,550$$

- 滿足 $v_{FO} = B_2$ ($i = A, B, C, D, E$) 之進口匝道 R 最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 為下式之 $v_{R(i)}$ 解：

$$v_F + v_{R(i)} = B_{2(i)} \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 得 $MSF_{R(i)} (= v_{R(i)}) = B_{2(i)} - v_F$ 其中 $i = A, B, C, D, E$
- 對應於進口匝道 R 各級最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 之對等服務流量 $SV_{R(i)}$ 為：

$$SV_{R(i)} = MSF_{R(i)} \times f_{HV(R)} \times PHF_R \quad \text{其中 } i = A, B, C, D, E$$

- 進口匝道對應各級服務水準 i 之最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 與服務流量 $SV_{R(i)}$ 分析結果如表 5.21 所示。

表 5.21 例題 5 對應檢核點全部車道各級服務水準之
進口匝道最大服務流率與服務流量（情境 2）

服務 水準	最大 $v/c(i)$	主線全部 車道容量	主線 需求流率	常 數	乘 數	主線全部車道 服務流率	匝道最大服務流率與流量	
		C_F	v_F	M	K	$B_{2(i)}$ (小車/小時)	MSF_R (小車/小時)	SV_R (輛/小時)
A	0.25	5,550 (小車/小時)	3,794 (小車/小時)	2,474.02	0.27702	1,388	(-2,406) ¹	(-2,245) ¹
B	0.50					2,775	(-1,019) ¹	(-951) ¹
C	0.80					4,440	646	603
D	0.90					4,995	1,201	1,120
E	1.00					5,550	1,756	1,638

註：¹ 負值，表示在已知主線需求流率 3,500 輛/小時之下，匝道區檢核點車流運作品質無法達到此服務水準等級

綜合以上進口匝道匯流區於主線之 2 個檢核項(主線外側二車道、主線全部車道)，在特定服務水準下，進口匝道各對應有不同之最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 與服務流量 $SV_{R(i)}$ ，如果要求主線 2 個檢核項之服務水準等級都必須一致，則事前規劃時，應將表 5.20、5.21 中，進口匝道在同一服務水準等級（例如 D 級）的最大服務流率 $MSF_{R(i=D)}$ （或服務流量 $SV_{R(i=D)}$ ）範圍進行交集，以獲知此進口匝道在目標年的流量水準是否能達到預計之服務水準。

表 5.22 為經交集整理後，對應於各級服務水準之進口匝道允許最大服務流率 $MSF_{R(i)}$ 與服務流量 $SV_{R(i)}$ 範圍；此表顯示在已知主線尖峰小時流量 $V_F = 3,500$ 輛/小時之下，進口匝道任何流量水準都無法使匝道區檢核點車流達到服務水準 A、B 等級。

表 5.22 例題 5 對應匝道匯流區檢核點各級服務水準之進口匝道最大服務流率與服務流量（情境 2）

服務水準 (i)	最大服務流率 $MSF_{F(i)}$ (小車/小時)	最大服務流量 $SV_{F(i)}$ (輛/小時)
A	-	-
B	-	-
C	646	603
D	1,201	1,120
E	1,756	1,638

比對表 5.20、5.21 可知「主線外側二車道」與「主線全部車道」兩檢核項在每一級服務水準 i （除 A、B 級外），即使 v/c 比值範圍相同，其進口匝道最大服務流率（或服務流量）範圍並不相同；因此，在道路規劃或設計時，若只著重滿足某單一檢核項（例如主線外側二車道）之運作品質，則只要查對該檢核項所屬之進口匝道最大服務流率與服務流量表（如表 5.20）即可，但若要同時滿足兩檢核項之運作品質，則必須將表 5.20、5.21 予以整合，表 5.22 所界定進口匝道每一級服務水準 i 之最大服務流率（或服務流量）值即為可同時滿足表 5.20、5.21 中各該級服務水準 i 之最大服務流率（或服務流量）。

已知主線在目標年尖峰小時流量為 $V_F = 3,500$ 輛/小時之下，根據上述，若預測進口匝道小時流量 $V_R = 650$ 輛/小時，從車道規劃面來看，如果規劃之服務水準為 D 級，則主線外側二車道和主線全部車道兩檢核項都可達到此服務等級要求，但如果規劃之服務水準為 C 級，則只有主線外側二車道可達到此服務等級；從交通運作面來看，當進口匝道小時流量 $V_R = 650$ 輛/小時，則可預估主線外側二車道之服務水準為 C 級，而主線全部車道之服務水準為 D 級。

參考文獻

1. 交通部運輸研究所，「2011 年臺灣公路容量手冊」，100-132-1299，民國 100 年 10 月。
2. 交通部運輸研究所，「高速公路匝道分匯流區車流特性調查之先期規劃」成果報告，民國 107 年 11 月。
3. 交通部運輸研究所，「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(1/3)－獨立進出口分匯流區」，109-111-1430，民國 109 年 10 月。
4. 交通部運輸研究所，「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(2/3)－非獨立進出口分匯流區」，110-097-1443，民國 110 年 8 月。
5. 交通部運輸研究所，「高快速公路匝道分匯流區容量及服務水準分析之研究(3/3)－快速公路分析及容量手冊研訂」，111-074-1458，民國 111 年 11 月。
6. TRB (2016) *Highway Capacity Manual 6th Edition – A Guide for Multimodal Mobility Analysis (HCM 2016)*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington D.C., 2016.
7. Roger P. Roess and Elena S. Prassas, 「*The Highway Capacity Manual – A Conceptual and Research History, Volume 1: Uninterrupted Flow*」, STTT, Springer, 2014.
8. TRB (2000) *Highway Capacity Manual (HCM 2000)*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2000.
9. TRB (2010) *Highway Capacity Manual (HCM 2010)*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 2010.

附錄 A 重要模式參、變數定義表

變 數	定 義	單 位
C_F	主線單向全部車道總容量	小車/小時
C_R	匝道總容量	小車/小時
C_R'	檢核點主線外側二車道之剩餘容量	小車/小時
C_R''	進口匝道之運作容量	小車/小時
$C_{R(A)}$	進口匝道之實際容量	小車/小時
D_D	匝道區與下游相鄰匝道之距離	公尺
D_U	匝道區與上游相鄰匝道之距離	公尺
$D_{Q(R)}$	匝道停等車隊每小時之回堵長度	公尺
E_C	聯結車當量值 (PCE)	—
E_P	小型車 (小客車、小貨車) 當量值 (PCE)	—
E_T	大型車 (大客車、大貨車) 當量值 (PCE)	—
$f_{HV(F)}$	主線重型車 (大型車、聯結車) 車型調整因素	—
$f_{HV(ON)}$	進口匝道重型車 (大型車、聯結車) 車型調整因素	—
$f_{HV(OFF)}$	出口匝道重型車 (大型車、聯結車) 車型調整因素	—
$f_{HV(R)}$	匝道重型車 (大型車、聯結車) 車型調整因素	—
L_A	匝道區進口匝道之加速車道長度	公尺
L_D	匝道區出口匝道之減速車道長度	公尺
N_F	主線單向總車道數	車道
N_R	匝道車道數	車道
$P_{C(F)}$	主線聯結車比例	%
$P_{C(OFF)}$	出口匝道聯結車比例	%
$P_{C(ON)}$	進口匝道聯結車比例	%
$P_{C(R)}$	匝道聯結車比例	%
P_{FD}	匝道分流區內主線總尖峰流率中行駛於外側二車道之比例	%
P_{FM}	匝道匯流區上游主線總尖峰流率中行駛於外側二車道之比例	%
P_{FM}^U	上游匝道匯流區之 P_{FM} 值	%
PHF	尖峰小時係數	—
PHF_F	主線尖峰小時係數	—
PHF_{OFF}	出口匝道尖峰小時係數	—
PHF_{ON}	進口匝道尖峰小時係數	—
PHF_R	匝道尖峰小時係數	—
$P_{T(F)}$	主線大型車比例	%

變 數	定 義	單 位
$P_{T(OFF)}$	出口匝道大型車比例	%
$P_{T(ON)}$	進口匝道大型車比例	%
$P_{T(R)}$	匝道大型車比例	%
Q_R	進口匝道尖峰溢流量；即匝道流量受匝道容量限制，無法匯入主線之流量	小車/小時
$S、S_{(x)}$	路段（或公路設施 x ）之空間平均速率	公里/小時
$S_{12(F)}$	匝道區主線外側兩車道平均速率	公里/小時
$S_{All(F)}$	匝道區主線全部車道平均速率	公里/小時
S_F	自由車流速率	公里/小時
$S_{F(F)}$	主線自由車流速率	公里/小時
S_L	速限	公里/小時
$S_{L(F)}, S_{L(R)}$	主線（匝道）速限	公里/小時
$S_{Q(R)}$	匝道停等車隊單位時間之回堵速率	輛或公尺/分鐘
V_F	匝道區上游主線流量	輛/小時
V_L	預設前、後兩車平均停等間距 (spacing)	公尺
V_{OFF}	匝道區出口匝道流量	輛/小時
V_{ON}	匝道區進口匝道流量	輛/小時
V_R	匝道區主要進口（或出口）匝道流量	輛/小時
v_{12}	匝道區上游主線外側二車道之總小車需求流率	小車/小時
$v_{12(Max)}$	匝道區上游主線外側二車道之最大流率	小車/小時
v_{12}^U	進入上游進口匝道區主線外側二車道之總小車需求流率	小車/小時
v_F	匝道區上游主線之總小車需求流率	小車/小時
v_F^U	進入上游進口匝道區主線之總小車需求流率	小車/小時
v_{FO}	匝道區下游主線全部車道之總小車需求流率	小車/小時
v_{OFF}	匝道區出口匝道之小車需求流率	小車/小時
v_{ON}	匝道區進口匝道之小車需求流率	小車/小時
v_R	匝道區主要進口（或出口）匝道之小車需求流率	小車/小時
v_R^U	上游進口匝道區之匝道小車需求流率	小車/小時
v_{R12}	匝道匯流區檢核點主線外側二車道之總小車需求流率； $v_{R12} = v_{12} + v_R$	小車/小時
$v_{R12(Max)}$	匝道匯流區檢核點主線外側二車道之最大流率	小車/小時
v/c	公路設施需求流率與容量之比值	—