

第六章 高速公路出口匝道分流區

目 錄

	頁次
6.1 緒論.....	6-1
6.2 分析對象.....	6-1
6.3 車流特性.....	6-3
6.3.1 速率、流率與密度之關係	6-4
6.3.2 車道使用分布.....	6-6
6.4 績效指標與服務水準劃分	6-7
6.5 分析方法.....	6-10
6.5.1 蒐集匝道分流區實質幾何資料	6-12
6.5.2 蒐集分析時段交通資料	6-13
6.5.3 估計對等小車需求流率	6-15
6.5.4 界定匝道分流區類型	6-17
6.5.5 計算匝道分流區車道流率分布比例	6-19
6.5.6 計算匝道分流區各檢核項之流率與容量	6-22
6.5.7 評估服務水準.....	6-26
6.6 應用例題.....	6-27
6.6.1 例題 1、獨立出口匝道分流區	6-28
6.6.2 例題 2、出口匝道分流區下游緊鄰另一進口匝道 匯流區	6-32
6.6.3 例題 3、出口匝道分流區下游緊鄰另一出口匝道 分流區	6-37
參考文獻.....	6-44
附錄 A 重要模式參、變數定義表	6-A-1

圖 目 錄

	頁次
圖 6.1 出口匝道分流區型態示意圖	6-2
圖 6.2 空中拍攝畫面示意圖（土城交流道）	6-4
圖 6.3 土城交流道北上分流區各車道速率與密度資料點散布圖 ..	6-5
圖 6.4 土城交流道北上分流區各車道速率與流率資料點散布圖 ..	6-6
圖 6.5 土城交流道北上分流區各車道流率與密度資料點散布圖 ..	6-6
圖 6.6 出口匝道分流區分析程序圖	6-11
圖 6.7 匝道分流區幾何示意圖	6-13
圖 6.8 現場調查與 VD 偵測分類車種尺度對照示意圖	6-16
圖 6.9 高速公路出口匝道區與上、下游毗鄰匝道組合分類 示意圖	6-19
圖 6.10 匝道分流區流率 v_F 、 v_{12} ，以及流率比例 P_{FD} 示意圖	6-20
圖 6.11 出口匝道分流區車道流量檢核示意圖	6-23
圖 6.12 例題 1 幾何與交通資料	6-28
圖 6.13 例題 2 幾何與交通資料	6-33
圖 6.14 例題 3 幾何與交通資料	6-38

表 目 錄

	頁次
表 6.1 土城交流道北上分流區各斷面位置之車道使用率	6-7
表 6.2 需求流率/容量比之服務水準等級劃分表	6-9
表 6.3 平均速率/速限比之服務水準等級劃分標準	6-9
表 6.4 匝道分流區主線外側二車道之 P_{FD} 估算迴歸式表.....	6-21
表 6.5 出口匝道分流區流率比例 P_{FD} 估算式表.....	6-22
表 6.6 公路速限與自由車流速率對照建議表	6-24
表 6.7 高、快速公路匝道分流區檢核點容量建議表（未開放使用路肩、 平坦路段）	6-25
表 6.8 出口匝道容量建議表	6-26
表 6.9 應用例題彙整	6-28
表 6.10 例題 1 服務水準分析	6-29
表 6.11 例題 2 服務水準分析	6-33
表 6.12 例題 3 服務水準分析	6-38

6.1 緒論

分流是單一動向的車流分離為兩股不同動向的運作，常發生在高速公路出口匝道(off-ramp)與主線(freeway mainline)分離處，或由某一主要車流設施分割為兩條路線之處，匝道分流區常因上游主線進入出口匝道車輛之分流運作而發生亂流。

「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]第六章高速公路出口匝道路段，利用本所於民國 85 年在國道 1 號桃園、內壢、新竹三處出口匝道分流區現場共蒐集約 0.5~1.0 小時交通資料，建立初步之分析方法。民國 107~111 年本所再度探討出口匝道分流區[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出口匝道與主線分流區之分析方法。

6.2 分析對象

高速公路出口匝道分流區(off-ramp diverge area)主要包括由高速公路主線往出口匝道範圍之主線各車道與減速車道。高速公路之分流處與出口匝道通常設有 100~300 公尺之減速車道。

出口匝道分流區之幾何設計常隨匝道地點而變，圖 6.1 為常見之兩種分流區主要類型，圖中之匝道分流區係指主線車流尚未達容量或發生壅塞狀況前，受分流進入出口匝道車流影響之區域。圖 6.1 之 A 點為減速車道起點、B 點為減速車道漸變段終點、C 點為主線與出口匝道分叉之鼻端槽化線端點，D 點為出口匝道與連絡道銜接點，E 點則為主線受前往出口匝道分出車流影響較明顯之位置，大約在減速車道起點上游主線 100 公尺處。本章分析之分流區為圖 6.1 中 E 點至 C 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出口匝道類型為主，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。

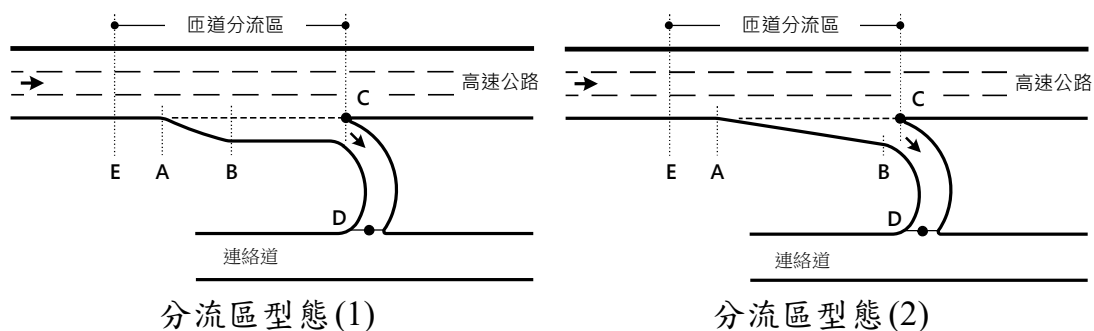


圖 6.1 出口匝道分流區型態示意圖

從實質幾何來看，個別出口匝道分流區大都具有長度不等之減速車道，提供欲主線車輛匯出行駛匝道之用，但當分流區上游緊鄰匯流區時，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。

目前對出口匝道和上游進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，只知當一出口匝道分流區上游緊鄰一進口匝道匯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，出口匝道分流區上游主線外側通常無輔助車道設計，且匝道分流區段和上、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、下游匝道區間距不長，選用分析方法時的原則是：

- 當目前出口匝道之減速車道與毗鄰上游進口匝道之加速車道不相重疊，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上游進口匝道匯入主線，再由主線分出至目前出口匝道，則目前出口匝道分流區較適用本章分析方法論。
- 當目前出口匝道之減速車道與毗鄰上游進口匝道之加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、訖點之車流可由上游進口匝道，直接經該輔助車道進入目前出口匝道，基

於此上下游匝道區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。

當出口匝道本身或其與毗鄰上游進口匝道間之路段，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。

6.3 車流特性

出口匝道分流區容量分析至少應考慮匝道與高速公路主線分流區，以及匝道兩部分；本所於民國 85 年在國道 1 號桃園、內壢、新竹三處出口匝道分流區現場各蒐集約 0.5 ~1.0 小時交通資料，「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]即根據此有限資料對分流區車流特性做一初步描述與分析。後續序列研究始於民國 108 年[2]，由出口匝道分流區幾何分類篩選出國道 3 號樹林、大溪，民國 109 年[4]再增加土城、頭份，總計 4 處分流區進行現場調查，其中 2 個為上、下游 1,000 公尺內無臨近匝道之獨立分流區，另外 2 個為上下游 1,000 公尺內有臨近匝道之非獨立分流區。

調查方法採無人機空拍作業（畫面示範如圖 6.2 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蒐集方式，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。

以下各節以國道 3 號北上土城交流道分流區為例，說明高速公路出口匝道分流區之車流特性。該地點主線為 4 車道，有常態性的路肩開放（假日 14:00 ~ 22:00），匝道與減速車道為 2 車道。

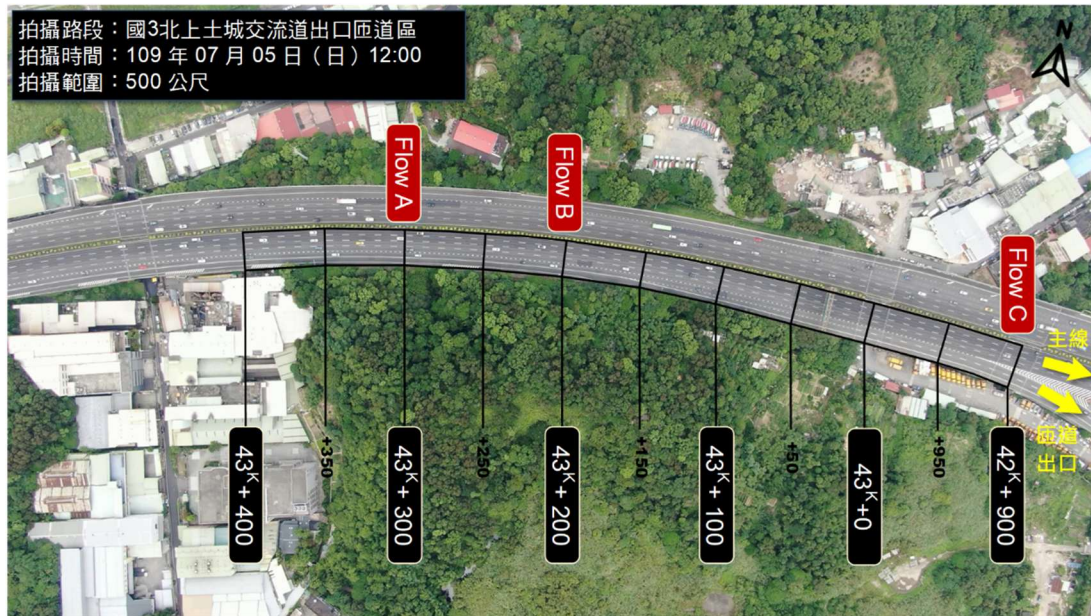


圖 6.2 空中拍攝畫面示意圖（土城交流道）

6.3.1 速率、流率與密度之關係

本節由國道3號北上土城交流道分流區減速車道起點之主線上游約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、4）未區分車種之流率、速率、密度現場車流資料，以1分鐘為單位繪製相關之散布圖。由於此調查地點路肩之流率較低且受速限管制，使其流率－速率－密度之資料點無分析上之意義，因此與減速車道資料合併處理，在流率與密度之數值上採兩車道的加總。圖6.3~6.5分別為速率與密度、速率與流率、流率與密度資料點散布圖，由這些散布圖可得到以下資訊：

1. 車道4密度非常低，速率亦低於其他三車道，推測車道4之速率是受到分出至減速車道之車流所影響。
2. 減速車道的速率與密度呈現負相關，速率隨密度上升而下降，在密度達30~40輛/公里時，速率下降至40~60公里/小時，顯示減速車道有發生壅塞。
3. 在車流穩定且流率小於1,200輛/小時的情況下，車道1與車道2之速率可維持在90~120公里/小時，車道3之速率可維持在90~100公里/小時，車道4之速率可維持在80~100公里/小時。

4. 只探討主線之情況下，車道 1 流率最高，可達 1,800~1,900 輛/小時，其次是車道 2，可達 1,600~1,800 輛/小時，車道 3 流率約為 1,200~1,400 輛/小時，而車道 4 流率約為 600 輛/小時，遠低於其他車道。
5. 當減速車道流率高時，車道 3 與車道 4 流率均呈現較低之狀況。
6. 在相同密度且只探討主線之情況下，流率由高至低之車道位置依序為車道 1、車道 2、車道 3、車道 4。
7. 車道 4 之流量與密度非常低，最大流率在車流密度為 5 輛/公里之下僅約 600 輛/小時，推測是受較長減速車道與路肩開放的影響，車輛提前變換車道至減速車道所致。

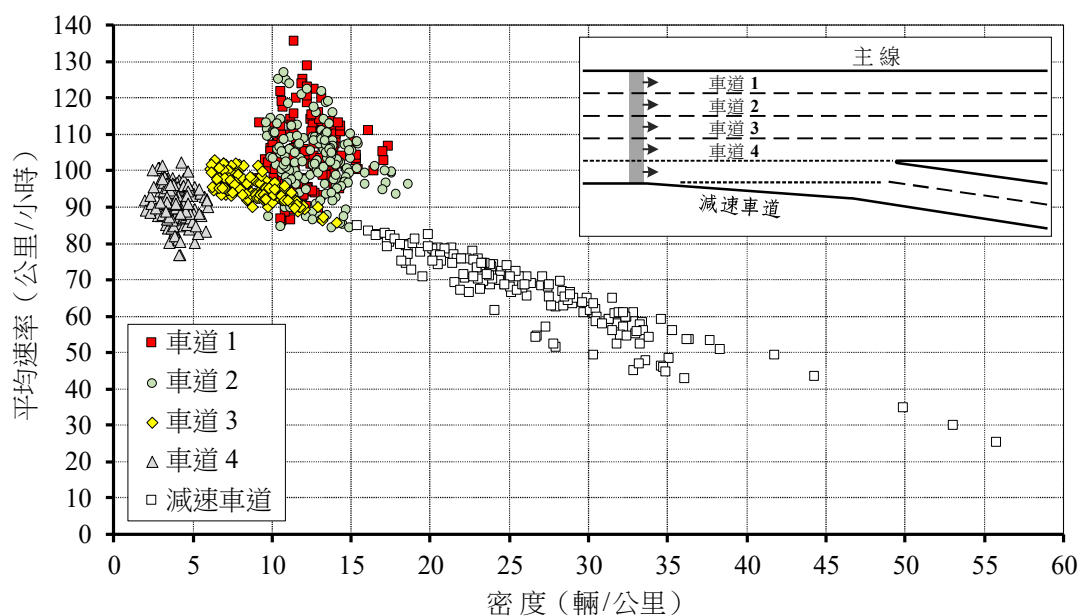


圖 6.3 土城交流道北上分流區各車道速率與密度資料點散布圖

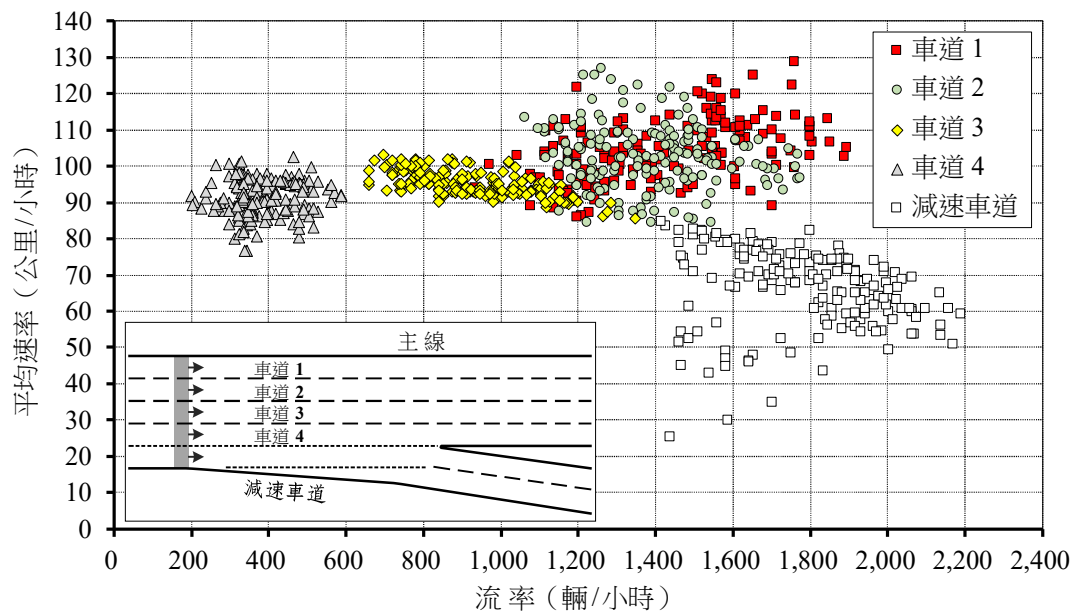


圖 6.4 土城交流道北上分流區各車道速率與流率資料點散布圖

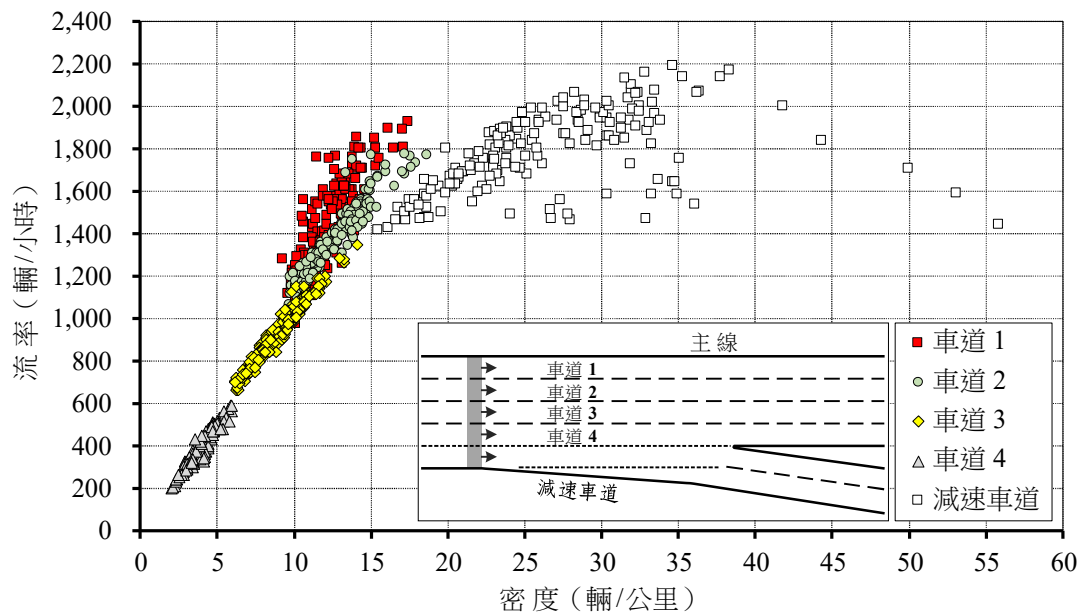


圖 6.5 土城交流道北上分流區各車道流率與密度資料點散布圖

6.3.2 車道使用分布

本節說明土城交流道北上分流區主線（分主線上游、分流區內、主線下游三個斷面位置）之實證調查車道使用分布概況，由於現場調查所涵蓋之資料僅觀察到穩定車流狀況，主線除路肩部分有發生車多擁擠外，其餘車道並未發生壅塞。

表 6.1 為土城交流道分流區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、4），該地點的主線為 4 車道，減速車道長 700 公尺有 2 車道，調查期間有開放路肩。分流區上游主線車道 1 流率占主線總流率之 20~26%、車道 2 占 19~27%、車道 3 占 13~19%、車道 4 占 3~10%、減速車道占 23~36%、路肩占 0~10%。上游主線車道 3、4 之使用率都較低，此趨勢在分流區內亦然；至於分流區下游主線則受出口匝道車流離開主線之影響，車道 4 之使用率下降至 5~11%，車道 1~3 使用率則稍上升。

表 6.1 土城交流道北上分流區各斷面位置之車道使用率

分流區車道配置 示意圖							
位置	車流狀況	路 肩	減速 車道	車道 1 (內側)	車道 2 (中內)	車道 3 (中外)	車道 4 (外側)
上游主線	穩定車流	0~10%	—	20~26%	19~27%	13~19%	3~10%
分流區內	穩定車流	0~5%	23~36%	19~25%	19~25%	11~19%	4~9%
下游主線	穩定車流	—	—	28~38%	29~38%	20~28%	5~11%

6.4 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，都會迫使後隨車輛放慢來維持行車空間，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而引進的概念，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 6.2、6.3 所示。

表 6.2 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 6.3 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) 目前匝道分流區實測車流資料尚不足以發展在主線、出口匝道不同車道數與流率組合下之分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 或實測蒐集匝道分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。

6.5 分析方法

本方法論主要經由判別匝道分流區與上、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。一般咸認出口匝道車輛在分出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，再以分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，某一匝道分流區上、下游短距離內可能有其他進、出口匝道區，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，僅需分析此匝道分流區受上（或下）游匝道區影響的結果；對於後者情況，則需先對此匝道分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。

匝道分流區分析程序主要含 7 個步驟（如圖 6.6），各分析步驟依序列舉如下，並在以下各節說明：

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

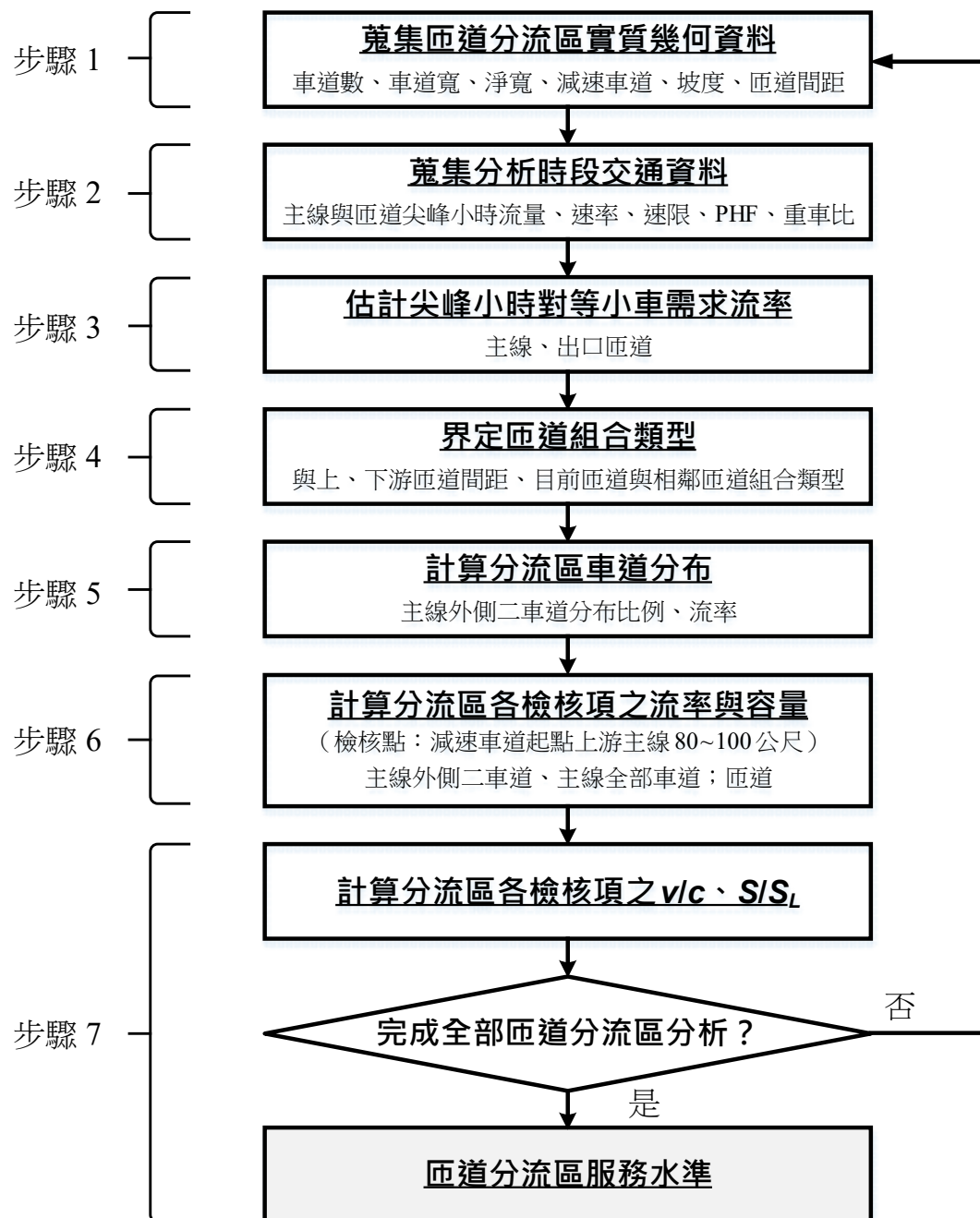


圖 6.6 出口匝道分流區分析程序圖

6.5.1 蒐集匝道分流區實質幾何資料

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) 匝道分流區位於平坦地區（坡度 $\leq 2\%$ ，坡道長 ≤ 500 公尺）
- (4) 分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) 目前匝道分流區之主線單向車道數 N_F
- (2) 目前匝道分流區之出口匝道車道數 N_R
- (3) 目前匝道分流區出口匝道之減速車道長度 L_D
- (4) 目前匝道分流區與上、下游相鄰匝道之間距 D_U 、 D_D （若為獨立匝道分流區，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）

本分析適用匝道分流區主線單向車道數 $N_F=2、3、4$ 之狀況，匝道分流區減速車道長度為減速車道全寬段與漸變段長度之和，其中減速車道長度 L_D 為由出口匝道鼻端槽化標線的起點往上游至減速車道漸變段起點之距離（如圖 6.7），而目前匝道分流區與上游（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 6.7 之分出點）為量測基準點，若出口匝道槽化標線鼻端另有劃設禁止換道標線，則量測基準點應往上游延伸至該禁止換道標線端點。相鄰匝道間距量測值是確認目前匝道分流區

是否獨立的依據，若再結合匝道分流區上、下游各相鄰匝道類型資訊，便是分析匝道分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。

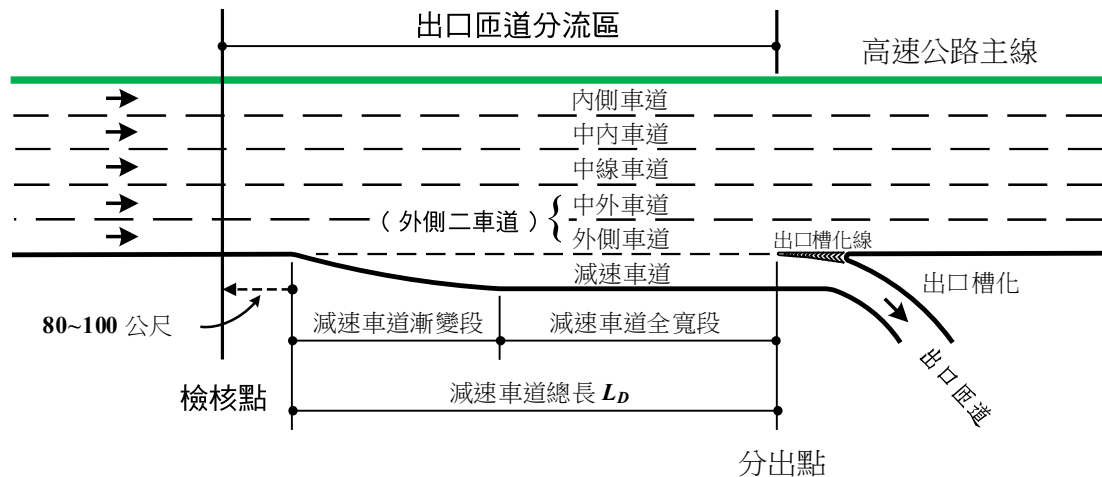


圖 6.7 匝道分流區幾何示意圖

6.5.2 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. 目前匝道分流區與上、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. 目前匝道分流區與上、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. 目前匝道分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預估對應之自由車流速率，並據以界定目前匝道分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。

6.5.3 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[2]對各分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 2 處分流區現調資料，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）。

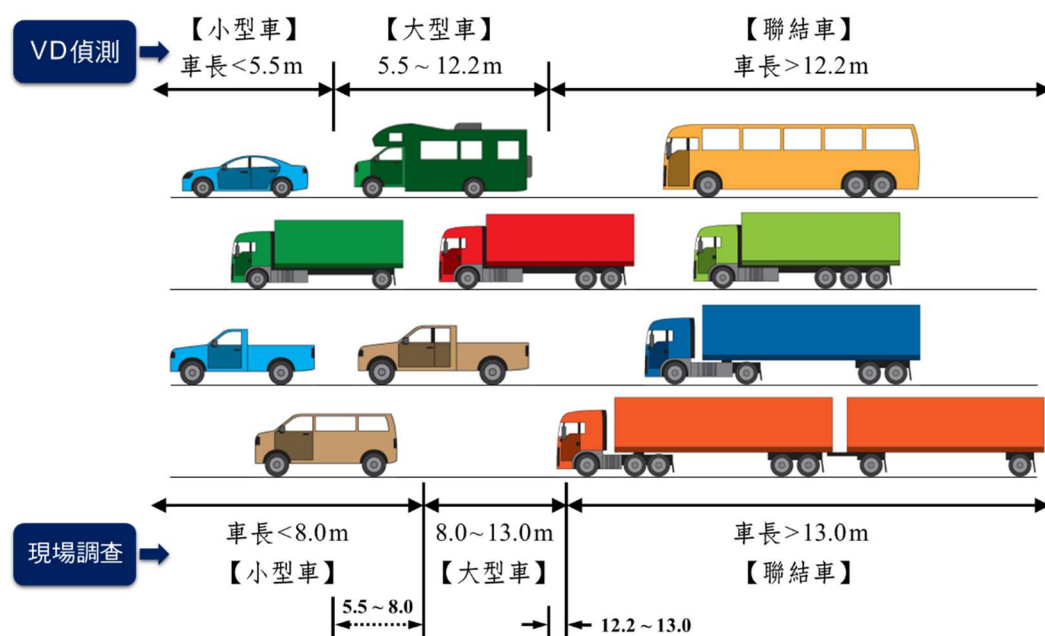
在界定大型車輛之車種當量值 (PCE) 時，係採現場空拍影像辨識車體尺度方式判讀，並比對 ETC 資料之小客車與小貨車、大客車與大貨車，以及聯結車比例，幾經測試調整後，現場資料之車種以小型車長 < 8.0 公尺，8.0 公尺 ≤ 大型車長 ≤ 13.0 公尺，聯結車長 > 13.0 公尺進行劃分。另酌參「2011 年臺灣公路容量手冊」第四章[1]，其估計速率 80 公里/小時、車長 15 公尺大車之小車當量值 (PCE) 為 1.5，而為避免低估大車之影響，亦建議可用稍高之當量值（如 2.0）。

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 6.8），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 6.8 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_{OFF} (單位：輛/小時)
- 匝道區主線、匝道之尖峰小時係數； PHF_F 與 PHF_{OFF}
- 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； $P_{T(OFF)}$ 與 $P_{C(OFF)}$
- 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 $f_{HV(F)}$

$$f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + (E_T - 1) \cdot P_{T(F)} + (E_C - 1) \cdot P_{C(F)}} \quad (6.1)$$

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

$$f_{HV(OFF)} = \frac{1}{1 + (E_T - 1) \cdot P_{T(OFF)} + (E_C - 1) \cdot P_{C(OFF)}} \quad (6.2)$$

匝道區上游主線（或出口匝道）對等小車需求流率 v_F （或 v_{OFF} ）可將主線（或出口匝道）尖峰小時流量 V_F （或 V_{OFF} ）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_{OFF} ）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

$$v_F = \frac{V_F}{f_{HV(F)} \cdot PHF_F} \quad (\text{單位：小車/小時}) \quad (6.3)$$

- 出口匝道之對等小車需求流率 v_{OFF}

$$v_R = v_{OFF} = \frac{V_{OFF}}{f_{HV(OFF)} \cdot PHF_{OFF}} \quad (\text{單位：小車/小時}) \quad (6.4)$$

6.5.4 界定匝道分流區類型

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」[2]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，即依上項距離原則，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 公尺靜態值的檢討，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_{FD}) 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出口匝道分流區之車流運作，本章分析將出口匝道分流區與上、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 6.9 所示，各匝道類型說明如下：

- Off-1：獨立出口匝道區

上、下游 1,000 公尺內均無進出口匝道

- Off-2：出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

- Off-3：出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

- Off-4：出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

- Off-5：出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
- Off-6：出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
- Off-7：出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
- Off-8：出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
- Off-9：出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

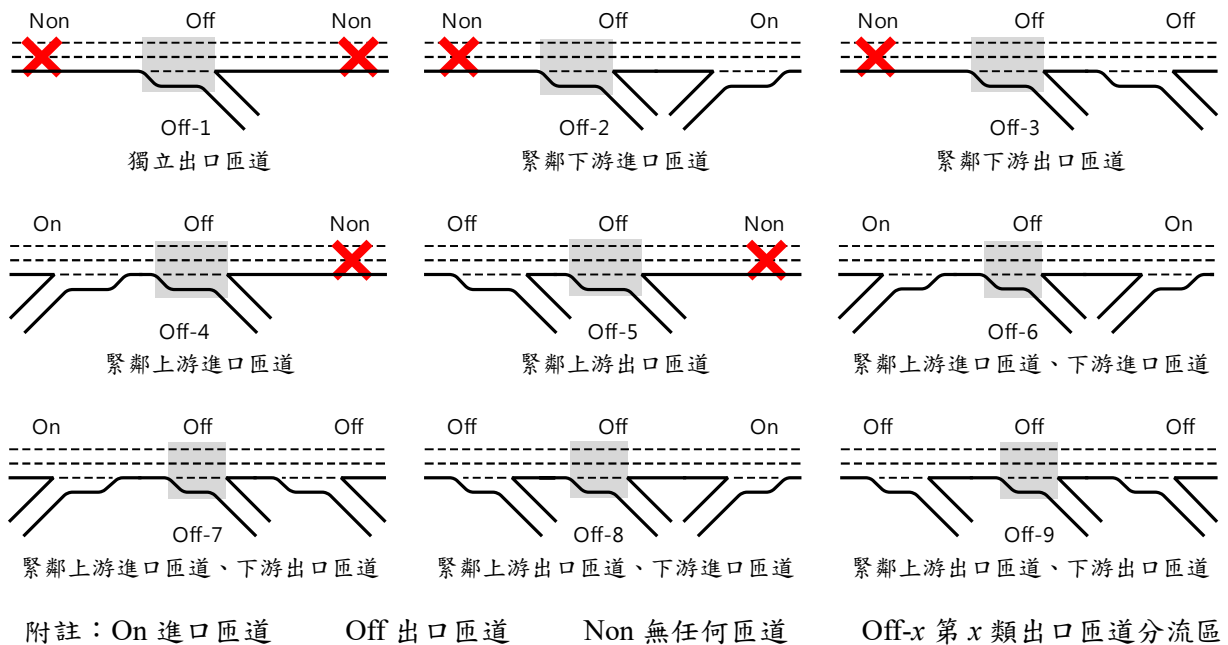


圖 6.9 高速公路出口匝道區與上、下游毗鄰匝道組合分類示意圖

6.5.5 計算匝道分流區車道流率分布比例

圖 6.7 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，其為分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、匝道分流區車道流率分布估計模式

匝道分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_{FD} 如圖 6.10 所示。

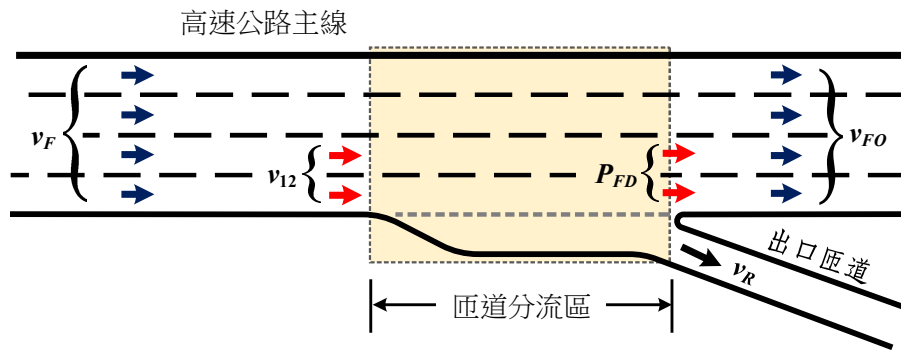


圖 6.10 匝道分流區小車需求流率 v_F 、 v_{12} ，以及流率比例 P_{FD} 示意圖

匝道分流區主線外側二車道流率 v_{12} 之計算公式如下：

$$v_{12} = v_R + (v_F - v_R) \cdot P_{FD} \quad (6.5)$$

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

v_F = 進入分流區上游主線總小車需求流率（小車/小時）

v_R = 分流區之出口匝道小車需求流率（小車/小時）

P_{FD} = 進入分流區上游主線總流率中，減去出口匝道流率後，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_{FD} 估算式如表 6.4 所示。

表 6.4 匝道分流區主線外側二車道之 P_{FD} 估算迴歸式表

算式編號	P_{FD} 估算式	
估算式 6	$P_{FD} = 1.00$	(6.6)
估算式 7	$P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot v_F - 0.000208 \cdot v_R$	(6.7)
估算式 8	$P_{FD} = 0.3912$	(6.8)

註： v_F = 匝道分流區上游主線之小車需求流率（小車/小時）

v_R = 出口匝道之小車需求流率（小車/小時）

二、流率比例 P_{FD} 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_{FD} 估算式之選擇如表 6.5。

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，當分析之匝道類型有這些情況時，表 6.5 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_{FD} 估算式。

表 6.5 出口匝道分流區流率比例 P_{FD} 估算式表

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

註：本表各估算式編號係引用表 6.4 之算式編號

6.5.6 計算匝道分流區各檢核項之流率與容量

一、匝道分流區檢核點與檢核項

圖 6.7 之檢核點係依據民國 108 年[3]匝道分流區臨界點分析結果所研訂之分流區主要運作狀況檢核斷面，分流區檢核點位於減速車道起點之主線上游約 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。

匝道分流區有 3 個檢核項需進行流量檢核（如圖 6.11 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)出口匝道。

二、匝道分流區各檢核項之流率估計

匝道分流區 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_{12} （如圖 6.11 ①）
等於（匝道分流區主線外側二車道小車需求流率 $(v_F - v_R) \cdot P_{FD}$ ）＋（出口匝道小車需求流率 v_R ）；若主線車道數 $N=2$ ，則 $v_{12} = v_F$ 。
2. 檢核點主線全部車道小車需求流率 v_F （如圖 6.11 ②）
等於匝道分流區上游主線全部車道之總小車需求流率。
3. 出口匝道小車需求流率 v_R （如圖 6.11 ③）
等於匝道全部車道之總小車需求流率。

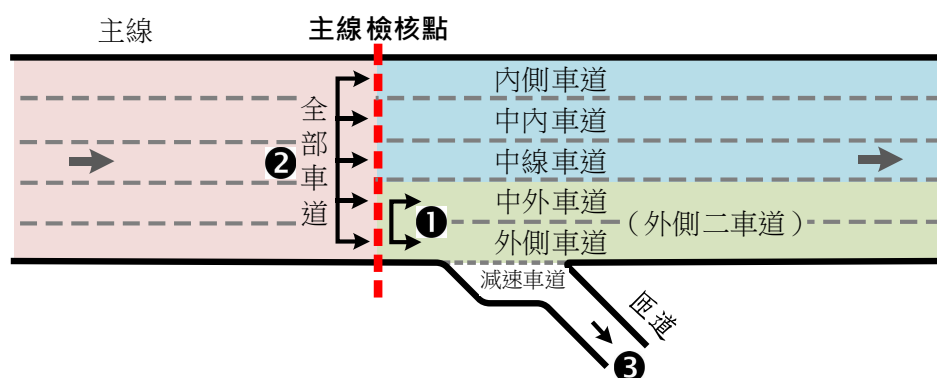


圖 6.11 出口匝道分流區車道流量檢核示意圖

三、匝道分流區檢核點容量

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主線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 6.6 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 6.6 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

匝道分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。至於匝道分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下：

- 分流區檢核點主線外側二車道之車道容量值都相同。
- 分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 6.7 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、快速公路匝道分流區檢核點之容量值建議表，其中出口匝道區上游主線外側二車道車流因受出口車輛減速影響，其可通過之最大流率值 $v_{12(\text{Max})}$ 經實證普遍稍低於進口匝道區下游主線外側二車道之最大流率值 $v_{R12(\text{Max})}$ 。本表列舉在不同自由車流速率下，匝道分流區檢核點主線全部車道 (C_F) 與主線外側二車道之最大流率預設值 ($v_{12(\text{Max})}$)，可供檢視匝道分流區檢核點各分析車道之流量負荷程度。

表 6.7 高、快速公路匝道分流區檢核點容量建議表
(未開放使用路肩、平坦路段)

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) $v_{12(\text{Max})}$
	單向車道數		
	3 車道	4 車道	
115	6,000	7,800	3,650
110	5,850	7,600	3,650
105	5,700	7,400	3,650
100	5,550	7,200	3,650
90	-	-	3,650

註：各自由車流速率對應之 $v_{12(\text{Max})}$ 係經實調分析後之設定值

四、出口匝道容量

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，其前提通常是在出口匝道很長，匝道上游之車流運作不會受匝道下游平面道路路口回堵車隊之影響，或者是減速車道夠長，匝道車輛離開主線的分出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則完全受出口匝道下游平面道路路口之車道實質幾何、交通操作特性，以及交通控制型式之影響，不易直接界定車道容量值。

針對上述兩階段之需，表 6.8 分別列舉在規劃階段，不同車道數匝道之容量建議值，以及在運作階段研訂容量之建議方式，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 6.8 出口匝道容量建議表

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	1,900
		2 車道	3,800
	運作分析	1 車道	視出口匝道下游路口 交通控制型式而定
		2 車道	

6.5.7 評估服務水準

一、主線服務水準

匝道分流區檢核點主線 2 個檢核項之服務水準如 6.4 節之說明，採用雙指標進行評估。

1. v/c 值

計算匝道分流區主線 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 6.2 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

$$v/c = \frac{\text{檢核點主線外側二車道小車需求流率 } v_{12}}{\text{檢核點主線外側二車道最大流率 } v_{12(\text{Max})}} \quad (6.9)$$

(2) 主線全部車道

$$v/c = \frac{\text{檢核點主線全部車道小車需求流率 } v_F}{\text{檢核點主線全部車道容量 } C_F} \quad (6.10)$$

2. 平均速率/速限比值

依 6.4 節說明計算匝道分流區主線 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 6.3 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、出口匝道服務水準

匝道分流區檢核點之第 3 個檢核項為匝道車流不受限制下之服務水準評估，可顯示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 6.2 界定其服務水準等級。匝道 v/c 比值之計算如下：

$$v/c = \frac{\text{匝道小車需求流率 } v_R}{\text{匝道容量 } C_R} \quad (6.11)$$

6.6 應用例題

本節依據出口匝道分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，各例題所例示之匝道區組合型態為臺灣國道 1、3 號沿線出口匝道分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出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 6.9 所示。

表 6.9 應用例題彙整

例題	示範主題	分析類別
1	獨立出口匝道分流區	運作分析
2	出口匝道分流區下游緊鄰另一進口匝道匯流區	運作分析
3	出口匝道分流區下游緊鄰另一出口匝道分流區	運作分析

6.6.1 例題 1、獨立出口匝道分流區

某一單車道出口匝道由一條單向三車道高速公路主線某處分出，已知主線與出口匝道 R 之現況幾何、交通資料如圖 6.12 所示。在蒐集資料時段，亦取得匝道分流區上游主線車道之平均速率——外側兩車道 76 公里/小時、全部車道 80 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；由於此匝道口距離上、下游相鄰匝道甚遠，故可視為一獨立匝道分流區（Off-1），這種匝道分流區約占國道 1、3 號全部出口匝道類型的 43%；本分析主要在決定此匝道分流區各檢核項預計之服務水準，分析程序及結果如表 6.10 所示。

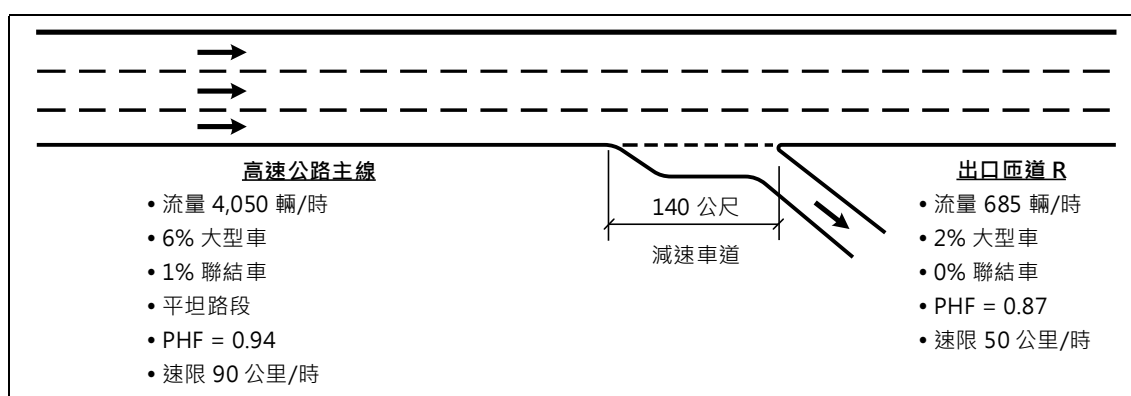


圖 6.12 例題 1 幾何與交通資料

表 6.10 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	
• 獨立出口匝道分流區 (Off-1)	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• $N_F = 3$	主線單向總車道數
• $N_R = 1$	匝道 R 車道數
• $L_D = 140$ 公尺	匝道 R 之減速車道長度 (公尺)
• $S_{L(F)} = 90$ 公里/小時	主線 F 速限 (公里/小時)
• $S_{L(R)} = 50$ 公里/小時	匝道 R 速限 (公里/小時)
• $S_{12(F)} = 76$ 公里/小時	R 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F)} = 80$ 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	
• $PHF_F = 0.94$; $PHF_R = 0.87$	上游主線 F 或匝道 R 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.06$; $P_{C(F)} = 0.01$)	主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R)} = 0.02$; $P_{C(R)} = 0.00$)	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 $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.06(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)}$ $= 0.956$ 匝道 $f_{HV(R)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$ $= 0.988$	設施 i (上游主線 F 或匝道 R) 之大型車調整因素 (式 6.1、6.2) • $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$

表 6.10 例題 1 服務水準分析(續 1)

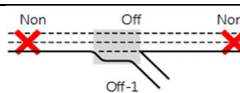
模式變數與計算值			定義與說明			
步驟三：估計對等小車需求流率						
• V_F ; V_R (如以下換算表)			上游主線 F 或匝道 R 之小時流量 (輛/小時)			
• v_F ; v_R (如以下換算表)			設施 i (上游主線 F 或匝道 R) 之對等小車需求流率 (小車/小時) • $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}}$ (式 6.3、6.4)			
各設施之小時流量與對等小車需求流率換算表						
設施 i	V_i (輛/小時)	PHF $_i$	$f_{HV(i)}$	v_i (小車/小時)		
主線 (F)	4,050	0.94	0.956	4,506.8		
匝道 (R)	685	0.87	0.988	796.9		
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
• 依圖 6.9、表 6.4、表 6.5 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	匝道 R	相鄰匝道	匝道口類型	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-1	估算式 7
		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 7。						
• $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035(4,506.7) - 0.000208(796.9) = 0.5258$			R 匝道區主線外側二車道流率分布比例 (表 6.4，估算式 7) • $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot v_F - 0.000208 \cdot v_R$			
• $v_{12} = 796.9 + (4,506.8 - 796.9) \times 0.5258 = 2,747.6$ 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) • $v_{12} = v_R + (v_F - v_R) \cdot P_{FD}$			
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率						
• $v_{12} = 2,747.6$ 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)			
• $v_F = 4,506.8$ 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)			
• $v_R = 796.9$ 小車/小時			出口匝道小車需求流率 (小車/小時)			

表 6.10 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	
• $S_F = 100$ 公里/小時	主線 F 自由車流速率 (公里/小時) • 表 6.6；速限 $S_L = 90$ 公里/小時之自由車流速率
• $v_{12(\text{Max})} = 3,650$ 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 6.7；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 6.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
• $c_R = 1,900$ 小車/小時	匝道 R 總容量 (小車/小時) • 表 6.8；車道數 $N_R = 1$ 、假設無儀控，採規劃設計之容量值
步驟七：匝道區服務水準評估	
一、主線服務水準	
• 主線外側二車道之 $v/c = \frac{2,747.6}{3,650} = 0.75$	R 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 6.9) • $v/c = \frac{v_{12}}{v_{12(\text{Max})}}$
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,506.8}{5,550} = 0.81$	R 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 6.10) • $v/c = \frac{v_F}{c_F}$
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{76}{90} = 0.84$	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 $S/S_L = \frac{80}{90} = 0.89$	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	
• 出口匝道之 $v/c = \frac{796.9}{1,900} = 0.42$	R 匝道區出口匝道之 v/c 值 (式 6.11) • $v/c = \frac{v_R}{c_R}$

表 6.10 例題 1 服務水準分析(續 3)

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_{12})	76	2747.6	3,650	0.75	0.84	C2
• 主線全部車道 (v_F)	80	4506.8	5,550	0.81	0.89	D2
• 進口匝道 (v_R)	—	796.9	1,900	0.42	—	B

評析：分析結果顯示本匝道分流區之主線、匝道所有分析車道都處於穩定車流運作狀況；出口匝道因減速車道較短，車輛在分出前通常有較大程度減速，但因其流量較低，對主線車流影響有限，以致本分流區主線各分析車道之平均速率仍接近理想。

6.5.2 例題 2、出口匝道分流區下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 6.13 所示，此圖例顯示目前出口匝道區 (R_1 匝道區) 下游 510 公尺處另有一進口匝道區 (R_2 匝道區)，這種匝道分流區約占國道 1、3 號全部出口匝道類型的 44%；已知目前匝道 R_1 分流區上游主線車道之平均速率—外側兩車道 60 公里/小時、全部車道 58 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 6.11 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_1 匝道區各檢核項之分布流率，評估預期之服務水準。

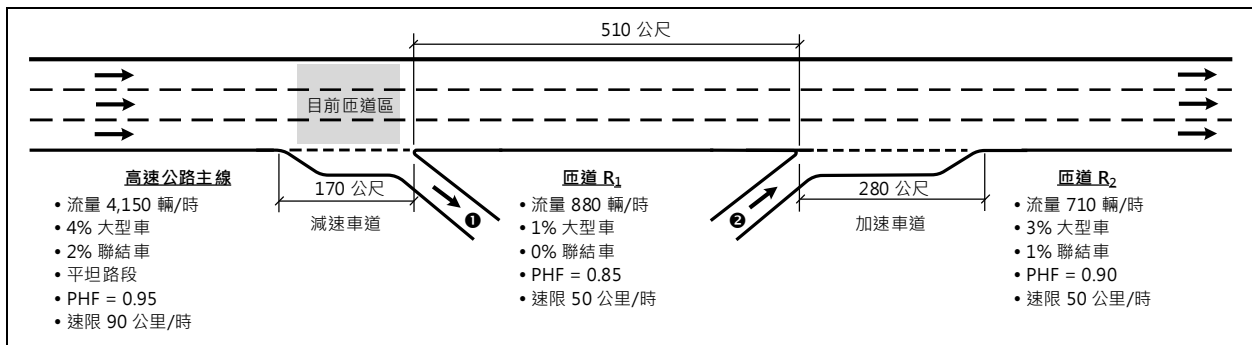


圖 6.13 例題 2 幾何與交通資料

表 6.11 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	
• 目前出口匝道分流區下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 (目前匝道區) • R_2 = 下游匝道 2	設施代碼
• $N_F = 3$	主線單向總車道數
• $N_{R1} = 1$; $N_{R2} = 1$	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)
• $L_{A2} = 280$ 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)
• $S_{12(F)} = 60$ 公里/小時	目前 R_1 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F)} = 58$ 公里/小時	目前 R_1 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
• $D_{D1} = 510$ 公尺	R_1 匝道區與下游匝道間距 (公尺)
• $D_{U2} = 510$ 公尺	R_2 匝道區與上游匝道間距 (公尺)
• $D_{D2} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_2 匝道區與下游匝道區間距 (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

表 6.11 例題 2 服務水準分析(續 1)

模式變數與計算值		定義與說明		
步驟二：匝道區交通資料				
• $PHF_F = 0.95$ • $PHF_{R1} = 0.85$ ； $PHF_{R2} = 0.90$		上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之尖峰小時係數		
• $P_{T(F)} = 0.04$ ； $P_{C(F)} = 0.02$		主線 F 之大貨車 T 、聯結車 C 比例		
• $P_{T(R1)} = 0.01$ ； $P_{C(R1)} = 0.00$		匝道 R_1 之大貨車 T 、聯結車 C 比例		
• $P_{T(R2)} = 0.03$ ； $P_{C(R2)} = 0.01$		匝道 R_2 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		
• $f_{HV(F)}$ ； $f_{HV(R1)}$ ； $f_{HV(R2)}$ $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.04(1.6 - 1) + 0.02(2.0 - 1)}$ $= 0.958$ $f_{HV(R1)} = \frac{1}{1 + 0.01(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)}$ $= 0.994$ $f_{HV(R2)} = \frac{1}{1 + 0.03(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)}$ $= 0.973$		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 6.1、6.2） $\bullet f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$		
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） $\bullet v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \quad \text{（式 6.3、6.4）}$		
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 ）	4,150	0.95	0.958	4,559.9
匝道（ R_1 ）	880	0.85	0.994	1,041.5
匝道（ R_2 ）	710	0.90	0.973	810.8

表 6.11 例題 2 服務水準分析(續 2)

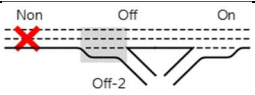
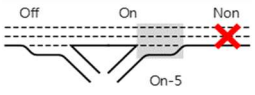
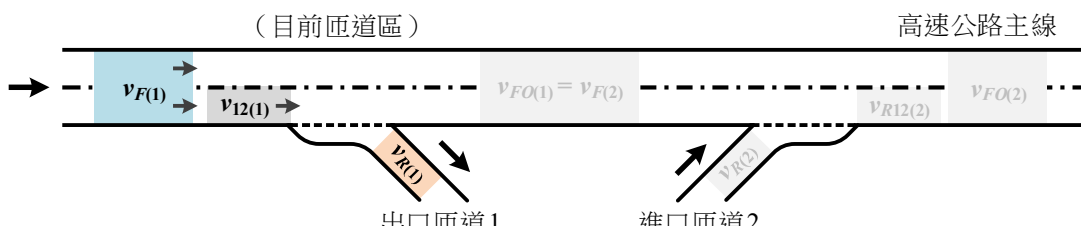
模式變數與計算值			定義與說明			
步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
(1) R_1 匝道區						
• 依圖 6.9、表 6.4、表 6.5 檢視匝道 R_1 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						
匝道 R_1 之相鄰上 / 下游匝道類型檢查與車道分布模式統整表						
主線 N_F	匝道 R_1	相鄰匝道	匝道口類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	出口匝道	上游：無		> 1,000	Off-2	估算式 7
		下游：進口		510		
(2) R_2 匝道區						
• 參照本手冊第五章，依圖 5.11 檢視匝道 R_2 之相鄰上、下游匝道類型與車道分布模式，如下表：						
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	匝道 R_2	相鄰匝道	匝道口類型	匝道間距(m)	匝道類型	車道分布模式
3	進口匝道	上游：出口		510	On-5	免分析 (非目前匝道)
		下游：無		> 1,000		
步驟五：目前 R_1 匝道區車道分布流率						
• 由步驟四之匝道 R_1 分流區車道分布模式統整表，採估算式 7。						
• $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035(4,559.9) - 0.000208(1,041.5) = 0.4751$				R_1 匝道區主線外側二車道流率分布比例 (表 6.4，估算式 7) • $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot v_F - 0.000208 \cdot v_{R1}$		
• $v_{12} = 1,041.5 + (4,559.9 - 1,041.5) \times 0.4751 = 2,713.1$ 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) • $v_{12} = v_{R1} + (v_F - v_{R1}) \cdot P_{FD}$		
步驟六(1)：目前 R_1 匝道區各檢核項之估計流率						
• $v_{12} = 2713.1$ 小車/小時				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)		
• $v_F = 4559.9$ 小車/小時				R_1 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率 (小車/小時)		
• $v_{R1} = 1,041.5$ 小車/小時				出口匝道小車需求流率 (小車/小時)		

表 6.11 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(2)：目前 R_1 匝道區各檢核項之容量	
• $S_F = 100$ 公里/小時	主線自由車流速率 (公里/小時) • 表 6.6；速限 $S_L = 90$ 公里/小時之自由車流速率
• $v_{12(\text{Max})} = 3,650$ 小車/小時	匝道區檢核點主線外側二車道最大流率 (小車/小時) • 表 6.7；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	主線總容量 (小車/小時) • 表 6.7；自由速率 $S_F = 100$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量
• $c_{R1} = c_R = 1,900$ 小車/小時	匝道總容量 (小車/小時) • 表 6.8；車道數 $N_{R1} = 1$ ；規劃設計或運作分析，假設無儀控之容量
步驟七：目前 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 $v/c = \frac{2,713.1}{3,650} = 0.74$	R_1 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 6.9) • $v/c = \frac{v_{12}}{v_{12(\text{Max})}}$
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,559.9}{5,550} = 0.82$	R_1 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 6.10) • $v/c = \frac{v_F}{c_F}$
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{60}{90} = 0.67$	R_1 匝道區檢核點主線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 $S/S_L = \frac{58}{90} = 0.64$	R_1 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	
• 出口匝道之 $v/c = \frac{1,041.5}{1,900} = 0.55$	R_1 匝道區出口匝道之 v/c 值 (式 6.11) • $v/c = \frac{v_{R2}}{c_R}$

表 6.11 例題 2 服務水準分析(續 4)

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_{12})	60	2,713.1	3,650	0.74	0.67	C3
• 主線全部車道 (v_F)	58	4,559.9	5,550	0.82	0.64	D3
• 進口匝道 (v_{R1})	—	1041.5	1,900	0.55	—	C

評析：本例題在評析毗鄰下游進口匝道之某出口匝道區各檢核項之分布流率與服務水準。分析結果顯示，本出口匝道 R_1 分流區主線全部車道整體車流仍穩定，平均速率亦可接受，但車輛運作受限已漸趨明顯，至於出口匝道流率仍遠低於容量，車流尚不致於癱瘓。

6.5.3 例題 3、出口匝道分流區下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緊鄰兩處出口匝道區，已知主線與兩處匝道之現況幾何、交通資料如圖 6.14 所示，該圖例顯示兩出口匝道區 R_1 與 R_2 相距 500 公尺，除此之外，其上、下游主線相當長距離內並無其他匝道口。這種兩相毗鄰匝道分流區約占國道 1、3 號全部出口匝道類型的 7%；已知臨近匝道 R_1 分流區上游主線車道平均速率（外側兩車道 84 公里/小時、全部車道 90 公里/小時），以及臨近匝道 R_2 分流區上游主線車道平均速率（外側兩車道 78 公里/小時、全部車道 86 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 6.12 之每一步驟，依序對此路段主線和兩處匝道區進行幾何、交通資料彙整，並經由每一匝道區各檢核項估算之分布流率、現調路段速率等數據，評估 R_1 與 R_2 兩出口匝道區預期之服務水準。

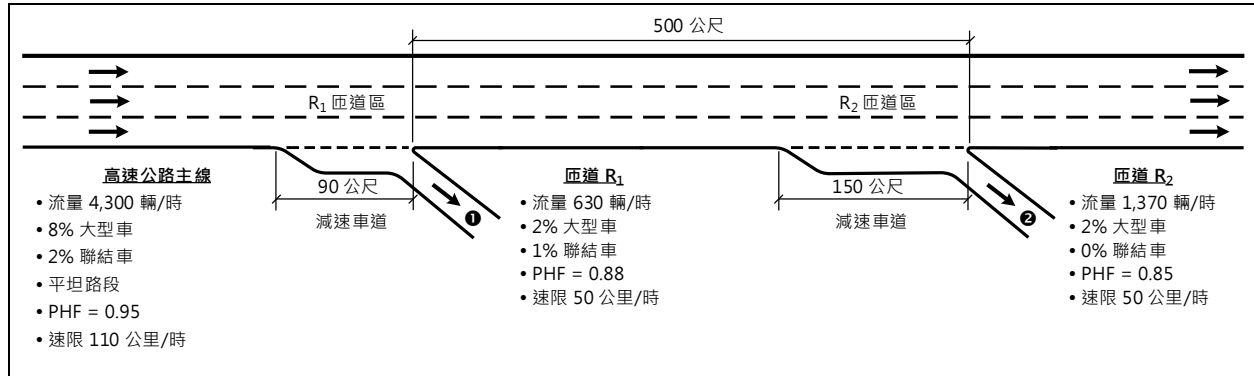


圖 6.14 例題 3 幾何與交通資料

表 6.12 例題 3 服務水準分析

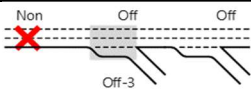
模式變數與計算值	定義與說明
步驟一：匝道區幾何資料	
• 出口匝道 R_1 分流區下游緊鄰另一出口 匝道 R_2 分流區	匝道區結構
• 平坦地區 (level terrain)	匝道區地形
• F = 高速公路主線 • R_1 = 上游匝道 1 (R_1 匝道區) • R_2 = 下游匝道 2 (R_2 匝道區)	設施代碼
• $N_F = 3$	主線 F 單向總車道數
• $N_{R1} = 1$; $N_{R2} = 1$	匝道 R_1 、 R_2 車道數
• $L_{D1} = 90$	匝道 R_1 之減速車道長度 (公尺)
• $L_{D2} = 150$	匝道 R_2 之減速車道長度 (公尺)
• $S_{L(F)} = 110$ 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)
• $S_{12(F),R1} = 84$ 公里/小時	R_1 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{12(F),R2} = 78$ 公里/小時	R_2 匝道區主線外側兩車道平均速率 (公里/小時)
• $S_{All(F),R1} = 90$ 公里/小時	R_1 匝道區主線全部車道平均速率 (公里/小時)

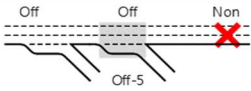
表 6.12 例題 3 服務水準分析(續 1)

模式變數與計算值	定義與說明
• $S_{All(F),R2} = 86$ 公里/小時	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 匝道區與上游匝道間距 (公尺) • 分析匝道區 R_1 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 匝道區與下游匝道間距 (公尺)
• $D_{U2} = 500$ 公尺	R_2 匝道區與上游匝道間距 (公尺)
• $D_{D2} > 1,000$ 公尺 (間距過長之預設值)	R_2 匝道區與下游匝道區間距 (公尺) • 分析匝道區 R_2 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	
• $PHF_F = 0.95$ • $PHF_{R1} = 0.88$; $PHF_{R2} = 0.85$	上游主線 F 、匝道 R_1 、匝道 R_2 之尖峰小時係數
• $P_{T(F)} = 0.08$; $P_{C(F)} = 0.02$	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 之大貨車 T 、聯結車 C 比例
• $P_{T(R2)} = 0.02$; $P_{C(R2)} = 0.00$	匝道 R_2 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
• $f_{HV(F)}$; $f_{HV(R1)}$; $f_{HV(R2)}$ $f_{HV(F)} = \frac{1}{1 + 0.08(1.6 - 1) + 0.02(2.0 - 1)} = 0.936$ $f_{HV(R1)} = \frac{1}{1 + 0.02(1.6 - 1) + 0.01(2.0 - 1)} = 0.978$ $f_{HV(R2)} = \frac{1}{1 + 0.02(1.6 - 1) + 0.00(2.0 - 1)} = 0.988$	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 6.1、6.2) $f_{HV(i)} = \frac{1}{1 + P_{T(i)}(E_T - 1) + P_{C(i)}(E_C - 1)}$
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) $v_i = \frac{V_i}{PHF_i \cdot f_{HV(i)}} \text{ (式 6.3、6.4)}$

表 6.12 例題 3 服務水準分析(續 2)

模式變數與計算值			定義與說明	
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)	4,300	0.95	0.936	4,835.8
匝道 (R_1)	630	0.88	0.978	732.0
匝道 (R_2)	1,370	0.85	0.988	1,631.3

步驟四：匝道區類型與車道分布模式						
(1) R_1 匝道區						
• 依圖 6.9、表 6.4、表 6.5 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	匝道 R_1	相鄰匝道	匝道口類型	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-3	估算式 7
		下游：出口		500		

(2) R_2 匝道區						
• 依圖 6.9、表 6.4、表 6.5 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：						
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	匝道 R_2	相鄰匝道	匝道口類型	匝道間距 (m)	匝道類型	車道分布模式
3	出口匝道	上游：出口		500	Off-5	估算式 7
		下游：無		> 1,000		

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 7。	
• $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035(4,835.8) - 0.000208(732.0) = 0.5405$	R_1 匝道區主線外側二車道流率分布比例 (表 6.5，估算式 7) • $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot v_F - 0.000208 \cdot v_{R1}$
• $v_{12} = 732.0 + (4,835.8 - 732.0) \times 0.5405 = 2,950.1$ 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) • $v_{12} = v_{R1} + (v_F - v_{R1}) \cdot P_{FD}$
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，採估算式 7。	

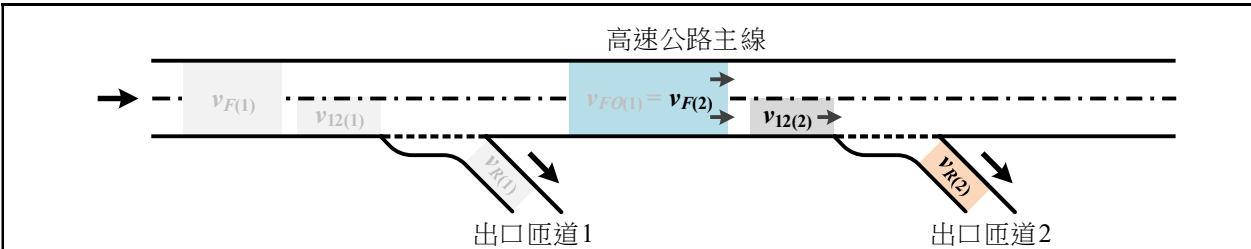
表 6.12 例題 3 服務水準分析(續 3)

模式變數與計算值	定義與說明
• $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035(4,835.8 - 732.0) - 0.000208(1,631.3) = 0.3509$	R_2 匝道區主線外側二車道流率分布比例 (表 6.5, 估算式 7) • $P_{FD} = 0.6758 + 0.0000035 \cdot (v_F - v_{R1}) - 0.000208 \cdot v_{R2}$
• $v_{12} = 1,631.3 + (4,835.8 - 732.0 - 1,631.3) \times 0.3509 = 2,498.9$ 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) • $v_{12} = v_{R2} + [(v_F - v_{R1}) - v_{R2}] \cdot P_{FD} = v_{R2} + (v_F - v_{R1} - v_{R2}) \cdot P_{FD}$
步驟六(1)：匝道區各檢核項之估計流率	
1. R_1 匝道區	
• $v_{12} = 2,950.1$ 小車/小時	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)
• $v_F = 4,835.8$ 小車/小時	R_1 匝道區檢核點主線全部車道小車需求流率 (小車/小時)
• $v_{R1} = 732.0$ 小車/小時	R_1 匝道區出口匝道小車需求流率 (小車/小時)
2. R_2 匝道區	
• $v_{12} = 2,498.9$ 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)
• $v_F = 4,835.8 - 732.0 = 4,103.8$ 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) • $v_F = v_F - v_{R1}$
• $v_{R2} = 1,631.3$ 小車/小時	R_2 匝道區出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	
• $S_F = 115$ 公里/小時	主線自由車流速率 (公里/小時) • 表 6.6；速限 $S_L = 110$ 公里/小時之自由車流速率
• $v_{12(\text{Max})} = 3,650$ 小車/小時	各匝道區上游主線外側二車道最大流率 (小車/小時) • 表 6.7；自由速率 $S_F = 115$ 公里/小時之主線外側二車道最大流率
• $C_F = 6,000$ 小車/小時	主線 F 總容量 (小車/小時) • 表 6.7；自由速率 $S_F = 115$ 公里/小時、車道數 $N_F = 3$ 之容量

表 6.12 例題 3 服務水準分析(續 4)

模式變數與計算值	定義與說明					
• $C_{R1} = C_{R2} = C_R = 1,900$ 小車/小時	匝道總容量（小車/小時） • 表 6.8；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)： 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 $v/c = \frac{2,950.1}{3,650} = 0.81$	R_1 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值（式 6.9） • $v/c = \frac{v_{12}}{v_{12(\text{Max})}}$					
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,835.8}{6,000} = 0.81$	R_1 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值（式 6.10） • $v/c = \frac{v_F}{c_F}$					
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{84}{110} = 0.76$	R_1 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 $S/S_L = \frac{90}{110} = 0.82$	R_1 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						
• 出口匝道之 $v/c = \frac{732.0}{1,900} = 0.39$	R_1 匝道區出口匝道之 v/c 值（式 6.11） • $v/c = \frac{v_{R1}}{c_R}$					
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_{12})	84	2,950.1	3,650	0.81	0.76	D3
• 主線全部車道 (v_F)	90	4,835.8	6,000	0.81	0.82	D2
• 進口匝道 (v_{R1})	—	732.0	1,900	0.39	—	B

表 6.12 例題 3 服務水準分析(續 5)

模式變數與計算值			定義與說明			
步驟七(1.2)：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 $v/c = \frac{2,498.9}{3,650} = 0.68$			R ₂ 匝道區檢核點主線外側二車道之 v/c 值 (式 6.9) $\bullet v/c = \frac{v_{12}}{v_{12(\text{Max})}}$			
• 主線全部車道之 $v/c = \frac{4,103.8}{6,000} = 0.68$			R ₂ 匝道區檢核點主線全部車道之 v/c 值 (式 6.10) $\bullet v/c = \frac{v_F}{c_F}$			
• 主線外側二車道之 $S/S_L = \frac{78}{110} = 0.71$			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 $S/S_L = \frac{86}{110} = 0.78$			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						
• 出口匝道之 $v/c = \frac{1,631.3}{1,900} = 0.86$			R ₂ 匝道區出口匝道之 v/c 值 (式 6.11) $\bullet v/c = \frac{v_{R1}}{c_R}$			
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_{12})	78	2498.9	3,650	0.68	0.71	C3
• 主線全部車道 (v_F)	86	4,103.8	6,000	0.68	0.78	C3
• 進口匝道 (v_{R2})	—	1,631.3	1,900	0.86	—	D

評析：本例題同時評析相鄰兩上、下游出口匝道區各檢核項之分布流率與服務水準。分析結果顯示 R₁、R₂ 兩出口匝道分流區之主線全部車道，以及外側二車道之車流均屬穩定，平均速率亦順暢，車輛運作受限不明顯；至於出口匝道流率則遠低於規劃容量，車流亦屬穩定順暢。

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，交通部運輸研究所，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	—