

第十章 市區地下道號誌化路口

目 錄

	頁次
10.1 緒論.....	10-1
10.2 市區地下道的分類	10-1
10.3 下游號誌化路口停等車疏解特性	10-5
10.3.1 無衝突直行禁行機車 S1 車道	10-5
10.3.2 無衝突直行禁行機車 S4 及 S5 車道.....	10-8
10.3.3 無衝突左轉/直行共用車道	10-11
10.3.4 無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區)	10-13
10.3.5 機車專用道	10-15
10.4 車道容量估計方法	10-17
10.4.1 無機車停等區之車道	10-17
10.4.1.1 無衝突直行禁行機車道	10-18
10.4.1.2 無衝突左轉/直行共用車道.....	10-19
10.4.2 無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區)	10-20
10.4.3 機車專用道	10-21
10.5 應用例題.....	10-21
10.5.1 例題 1：無衝突直行禁行機車道	10-21
10.5.2 例題 2：無衝突左轉/直行共用車道	10-22
10.5.3 例題 3：無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區). ..	10-24
10.5.4 例題 4：機車專用道	10-25
參考文獻.....	10-26

圖 目 錄

	頁次
圖 10.1 臺北市信義區基隆路地下道之車道配置(2 禁行機車道).	10-3
圖 10.2 臺北市松山區復興北路地下道之車道配置(內側禁行機車、外側混合車道).....	10-3
圖 10.3 新北市板橋區大觀路地下道之車道配置(內側禁行機車、外側混合車道).....	10-3
圖 10.4 臺北市中正區林森南路地下道之車道配置(2 禁行機車道、1 機車專用道)	10-3
圖 10.5 臺北市中正區忠孝東西路地下道之車道配置(單向 1 禁行機車道).....	10-4
圖 10.6 新北市三重區力行路地下道之車道配置(1 禁行機車道、1 機車專用道).....	10-4
圖 10.7 新北市樹林區保安街一段地下道之車道配置(1 禁行機車道、1 機車專用道).....	10-4
圖 10.8 新北市樹林區八德街地下道之車道配置(2 禁行機車道、1 機車專用道).....	10-4
圖 10.9 地下道下游及平坦路段 S1 車道疏解小車數與綠燈時段關係.....	10-7
圖 10.10 地下道下游及平坦路段 S1 車道小車疏解車數比值與綠燈時段關係.....	10-7
圖 10.11 地下道下游及平坦路段 S4 車道之停等小車疏解率	10-9
圖 10.12 地下道下游及平坦路段 S5 車道之停等小車疏解率	10-9
圖 10.13 地下道下游及平坦路段 S4、S5 車道小車疏解率比值與綠燈時段的關係.....	10-10
圖 10.14 中央實體分隔只有左轉或只有直行小車之疏解率.....	10-11
圖 10.15 臺北市林森南路往南地下道下游只有左轉小車之停等車疏解率與平坦路段車道疏解率的比值	10-12
圖 10.16 每週期併行機車數估計值與現場值之差異.....	10-15
圖 10.17 每週期剩餘綠燈及燈號轉換時段中能疏解車數估計值與現場值之比較.....	10-15
圖 10.18 市區地下道下游機車專用道疏解率與綠燈時段關係.....	10-16

表 目 錄

	頁次
表 10.1 市區地下道之調查車道與基本資訊.....	10-2
表 10.2 調查車道所屬路段幾何設計概況.....	10-3
表 10.3 本手冊第十三章無衝突直行禁行機車道類型劃分.....	10-5
表 10.4 平坦路段直行禁行機車道停等小車疏解率之估計模式 ..	10-18
表 10.5 地下道下游車道坡度調整因素 f_g	10-19
表 10.6 共用車道上不同車種直行、左轉之左轉小客車當量	10-19

10.1 緒論

「2011 年臺灣公路容量手冊」[1]第十章「市區地下道路」將臺灣都市地下道當作非阻斷性車流的路段來分析，而且分析方法是根據美國 TRB 公路容量手冊[2]之程序及資料。事實上，臺灣都市地下道都是在距離不長的號誌化路口之間。為了避免平面交岔，這些地下道在接近一交岔路口時，低凹從交岔路底下穿越，其長度很少超過 600 公尺。即使是最長的高雄市過港隧道的長度也只有 1,600 公尺。因此臺灣都市地下道，只是市區道路上之坡度路段。

另一方面，臺灣都市地下道出口與下游號誌化路口之距離很短，因此這些地下道的交通運轉都受號誌化路口容量的影響。但地下道本身又會影響到號誌化路口的容量。這種互動關係可從地下道下游停等車疏解流率的特性來探討。

因此之故，本所在 2011 及 2012 年在臺北都會區地下道下游號誌化路口之車道蒐集停等車疏解特性的資料[3,4]，調查車道之地點、性質及一般幾何設計狀況分別列於表 10.1 及表 10.2。本章根據現場資料所顯示的停等車疏解特性提供估計地下道下游號誌化路口車道容量之分析方法。如有必要進一步評估交通運轉績效，則機車專用道的評估可根據本手冊第十八章所描述之模擬程序來執行。其他類型車道則可用本手冊第十一章及第十三章所描述的程序來分析。

臺北都會區以外的市區有許多地下道，未來可再蒐集這些地下道下游號誌化路口車流特性資料以改良本章所提供的容量估計工具。

10.2 市區地下道的分類

本所 2011 及 2012 年調查之市區地下道車道配置可區分為以下兩大類：

1. 雙向實體分隔

亦即雙向行車互不干擾，通常單向有兩車道以上。但有些地下道禁行機車，例如基隆路車行地下道（圖 10.1）；另有內側禁行機

車，外側則混合使用，例如臺北市復興北路地下道（圖 10.2）或新北市板橋區大觀路地下道（圖 10.3）；另外，亦有內側設置 2 個禁行機車道，外側設置機車專用道，例如臺北市林森南路地下道（圖 10.4）。

表 10.1 市區地下道之調查車道與基本資訊

序號	地下道名稱	下游號誌化路口	車道類型	車道數	說明
1	臺北市松山區復興北路（往北）	濱江街	直行車道 S1	2	中央實體分隔 外車道汽機車混流
2	臺北市松山區復興北路（往南）	民族東路	直行車道 S1	2	中央實體分隔 外車道汽機車混流
3	臺北市信義區基隆路（往北）	松隆路	直行車道 S1	2	中央實體分隔 汽機車道分隔
4	臺北市中正區林森南路（往南）	羅斯福路	直行車道 S1	3	中央實體分隔 最外側機車專用道 標線分隔
5	新北市三重區力行路（往南）	大勇街	直行車道 S4	1	中央標線分隔 汽機車道分隔
6	新北市樹林區八德街（往北）	復興路	直行車道 S4	2	中央標線分隔 汽機車道分隔
7	臺北市中正區忠孝東路（往東）	天津街	直行車道 S5	1	中央標線分隔 無機車道
8	臺北市中正區林森南路（往南）	羅斯福路	機車專用道 （標線）	3	中央實體分隔 機車專用道標線分隔
9	新北市樹林區保安街（往南）	鎮前街	機車專用道 （實體）	1	中央標線分隔 機車專用道實體分隔
10	臺北市中正區林森南路（往南）	羅斯福路	直行/左轉 共用車道	3	中央實體分隔 機車專用道標線分隔
11	臺北市松山區復興北路（往北）	濱江街	直行/右轉	2	中央實體分隔 外車道汽機車混流

註：車道類型代號參見表 10.3

2. 雙向以標線分隔

通常單向僅有 1 車道，例如臺北市忠孝東西路地下道（圖 10.5），或單向有 1 禁行機車道及 1 實體分隔之機車專用道，例如新北市三重區力行路地下道（圖 10.6）、新北市樹林區保安街一段地下道（圖 10.7）、新北市樹林區八德街地下道（圖 10.8）。臺灣西部各都市常有類似圖 10.6～圖 10.8 之地下道設置，以穿越西部縱貫線鐵路。

表 10.2 調查車道所屬路段幾何設計概況

序號	地下道上下游號誌化路口間距(公尺)	地下道長度(公尺)	車道寬(公尺)	地下道平均坡度(%) ^a	下游路口臨近車道平均坡度(%) ^c
1	710	590	3.7	+4.3	+1.4
2	710	590	3.25	+6.2	+6.7
3	1,265	1,080	3.0	+4.5	-2.1
4	800	460	3.0	+5.9	+5.5
5	300	257	3.2	+4.8	+5.3
6	400	302	3.2	+4.4	+2.0
7	445	231	3.5	+4.0	+1.0
8	800	460	3.0	+5.9	+5.5
9	300	166	3.5	+5.2 ^b	+5.2
10	800	460	3.0	+5.9	+5.5
11	710	590	3.7	+4.3	+1.4

註：a 從最低點到上坡坡度為+2%地點之平均坡度。
b 從最低點到下游路口停止線（坡度+4.7%）之平均坡度。
c 下游停止線之上游 100 公尺範圍內之平均坡度。



圖 10.1 臺北市信義區基隆路地下道之車道配置(2 禁行機車道)



圖 10.2 臺北市松山區復興北路地下道之車道配置(內側禁行機車、外側混合車道)



圖 10.3 新北市板橋區大觀路地下道之車道配置(內側禁行機車、外側混合車道)

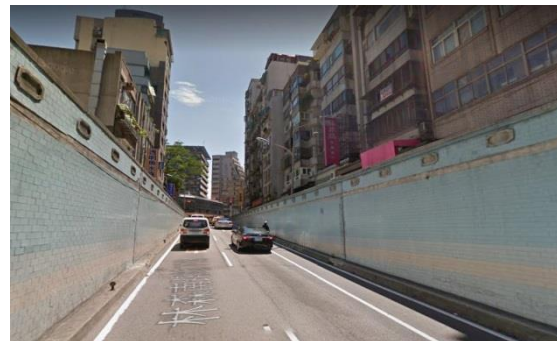


圖 10.4 臺北市中正區林森南路地下道之車道配置(2 禁行機車道、1 機車專用道)



圖 10.5 臺北市中正區忠孝東西路地下道之車道配置(單向 1 禁行機車道)



圖 10.6 新北市三重區力行路地下道之車道配置(1 禁行機車道、1 機車專用道)



圖 10.7 新北市樹林區保安街一段地下道之車道配置(1 禁行機車道、1 機車專用道)



圖 10.8 新北市樹林區八德街地下道之車道配置(2 禁行機車道、1 機車專用道)

前述各地下道之車道配置，經比對本手冊第十三章，以無衝突直行禁行機車道類型 S1、S4、S5 最多(參見表 10.3)。其中，圖 10.1～圖 10.4 中央實體分隔，屬於 S1 類型，圖 10.6～圖 10.8 為中央標線分隔且有同向分隔，屬於 S4 類型，圖 10.5 為中央標線分隔但無同向分隔，屬於 S5 類型。

目前臺灣市區地下道下游號誌化路口之車道配置，除了無衝突直行禁行機車道外，尚有以下車道類型：

1. 無衝突左轉/直行共用禁行機車道(如臺北市林森南路地下道之內側道)；
2. 無衝突左轉車道(如臺北市信義路地下道之內側道)，此種車道相當少見；
3. 無轉向限制車道，臺灣西部都市道路穿越鐵路時，受限於地形與

- 兩側土地使用，有時會設置此種地下道；
4. 無衝突直行/右轉共用車道，通常會配合設置機車停等區；
 5. 機車專用道，臺灣有些市區地下道採 4 輪以上汽車與機車分隔車道方式設置，如圖 10.7。

表 10.3 本手冊第十三章無衝突直行禁行機車道類型劃分

類型代號	車道之性質
S1	中央實體分隔、無同向分隔、無緊鄰公車專用道
S2	中央實體分隔、無同向分隔、有緊鄰公車專用道
S3	中央實體分隔、同向分隔
S4	中央標線分隔、同向分隔
S5	中央標線分隔、無同向分隔
S6	緊鄰左側同向分隔島

10.3 下游號誌化路口停等車疏解特性

本所已蒐集之地下道下游號誌化路口現場資料，只包括下列 6 類型車道：

1. 中央實體分隔、無同向車道、無緊鄰公車專用道路段之直行禁行機車道（S1 車道）；
2. 中央標線分隔、同向分隔路段之直行禁行機車道（S4 車道）；
3. 中央標線分隔、無同向分隔路段之直行禁行機車道（S5 車道）；
4. 無衝突左轉/直行共用車道；
5. 無衝突直行/右轉共用車道（含機車停等區）；
6. 機車專用道。

本節根據現場資料描述上述各類型車道之停等車疏解特性。

10.3.1 無衝突直行禁行機車 S1 車道

本類型為中央實體分隔，無同向分隔，無緊鄰公車專用道路段之直行禁行機車道。本手冊第十三章表 13.7 指出，S1 類型且坡度平坦

之停等車疏解率可用下式估計：

如綠燈時段在 5~55 秒範圍，

$$N_{gyi} = -0.77 + 0.475g + 1.273 \times 10^{-3}g^2 \quad (10.1a)$$

如綠燈時段大於 55 秒，

$$N_{gyi} = -3.69 + 0.598g \quad (10.1b)$$

此兩式中，

N_{gyi} = 在可用時相 i 之 g 秒時段內能疏解之停等小車數(輛)；

g = 綠燈時段加大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段(秒)。

圖 10.9 為比較從式(10.1)所估計之平坦路段 S1 車道疏解率與表 10.1 所列 4 個地下道下游 S1 車道的疏解率。從此圖可知，地下道下游 S1 車道之疏解率比平坦路段上同類型車道來得低。

如讓 $(N_{gyi})_d$ 代表地下道下游車道之停等車在綠燈時段能疏解的車輛數，則地下道下游路段之 $(N_{gyi})_d$ 與平坦路段 N_{gyi} 的比值如圖 10.10 所示。此圖中各車道之坡度為從停止線到上游 100 公尺範圍內的平均坡度。

從圖 10.10 可知，不論綠燈時段之長短，4 個地下道下游車道之平均停等車疏解率大約只有平坦路段車道疏解率的 90%。綠燈時段在 20 秒以下時，坡度對疏解率的影響較大。綠燈時段超過 40 秒而且坡度不超過 7% 時，地下道下游車道之疏解率趨近於平坦路段車道疏解率。復興北路往南車道之坡度為 6.7%，大於林森南路往南車道之坡度 5.5%，但仍有較高的疏解率。這現象可能是因為復興北路的車道較寬之故，但目前沒有足夠資料評估車道寬之影響。

根據上述停等車疏解特性，本章用下列簡化的關係訂定地下道下游，但在停止線上游 100 公尺之內的平均坡度對 S1 車道疏解率的影響：

如綠燈時段小於 20 秒，則

$$f_g = 0.93 - 12.38 \times 10^{-3}S \quad (10.2a)$$

如綠燈時段大於或等於 20 秒，則

$$f_g = 0.92 - 6.39 \times 10^{-3} S \quad (10.2b)$$

上兩式中，

$f_g = (N_{gyi})_d / N_{gyi}$ = 地下道下游車道坡度影響停等車疏散率之調整因素；

S = 停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)。

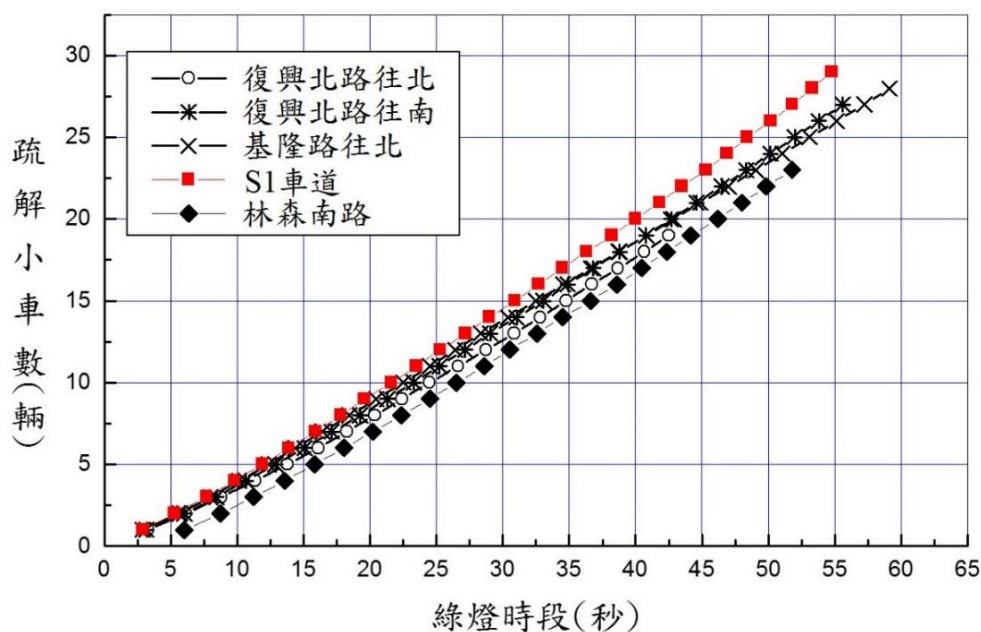


圖 10.9 地下道下游及平坦路段 S1 車道疏散小車數與綠燈時段關係

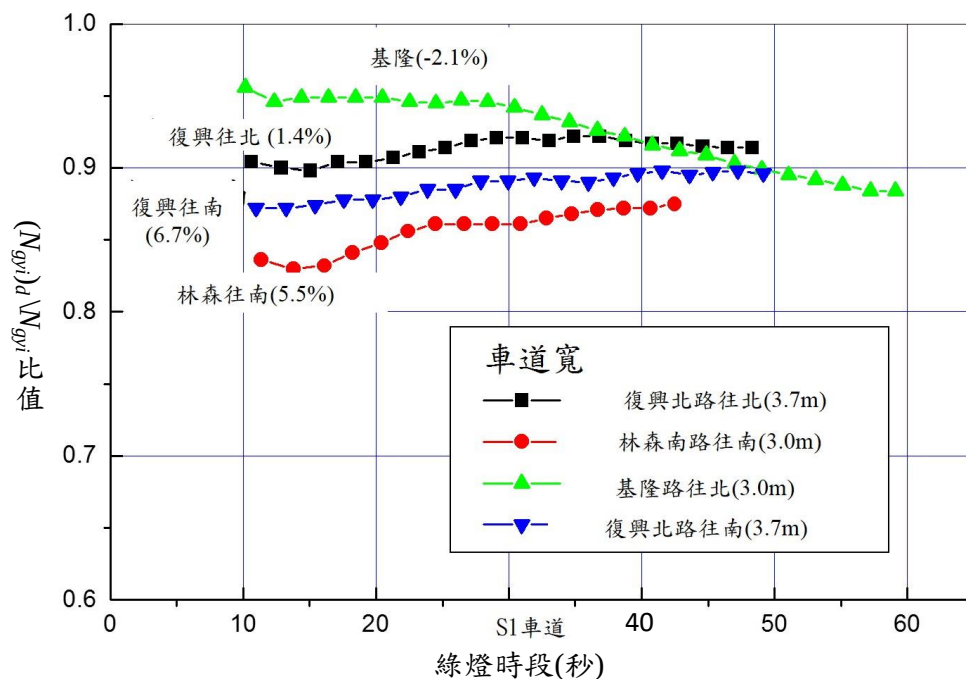


圖 10.10 地下道下游及平坦路段 S1 車道小車疏散車數比值與綠燈時段關係

10.3.2 無衝突直行禁行機車 S4 及 S5 車道

本手冊第十三章表 13.7 用下列模式來估計中央標線分隔，有同向分隔且路段平坦之 S4 直行禁行機車道的停等車疏解率：

如綠燈時段在 5~50 秒範圍，

$$N_{gyi} = -0.88 + 0.437g + 1.783 \times 10^{-3}g^2 \quad (10.3a)$$

如綠燈時段大於 50 秒，

$$N_{gyi} = -3.70 + 0.582g \quad (10.3b)$$

此兩式中，

N_{gyi} = 在可用時相 i 之 g 秒時段內能疏解之停等直行小車數(輛)；

g = 綠燈時段加大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段(秒)。

本手冊第十三章表 13.7 亦分別用下列模式估計中央標線分隔，無同向分隔且路段平坦之 S5 直行禁行機車道的停等車疏解率：

如綠燈時段在 5~70 秒範圍，

$$N_{gyi} = -0.71 + 0.422g + 1.5 \times 10^{-3}g^2 \quad (10.4a)$$

如綠燈時段大於 70 秒，

$$N_{gyi} = -8.68 + 0.638g \quad (10.4b)$$

圖 10.11 及圖 10.12 分別比較平坦路段及地下道下游路段 S4 及 S5 車道之停等車疏解率。這兩圖也顯示地下道下游之車道有較低的疏解率。如果 $(N_{gyi})_d$ 代表地下道下游車道之疏解率，則現場 $(N_{gyi})_d$ 與從式(10.3)及式(10.4)所估計之平坦路段 N_{gyi} 比值如圖 10.13 所示。

圖 10.13 之 3 個地下道下游車道中，臺北市忠孝東路往東之 S5 車道相當平坦，坡度只有 1%，車道則比其他兩車道稍微寬。此車道與平坦車道之疏解率比值不隨綠燈長度有大的變化，大約是平坦路段車道疏解率的 97% 左右，新北市樹林區八德街往北車道及三重區力行路的坡度較高，車道寬較小。這兩車道與平坦車道之疏解率比值隨綠燈的變化較大，但綠燈超過大約 22 秒時，比值有趨近穩定現象。

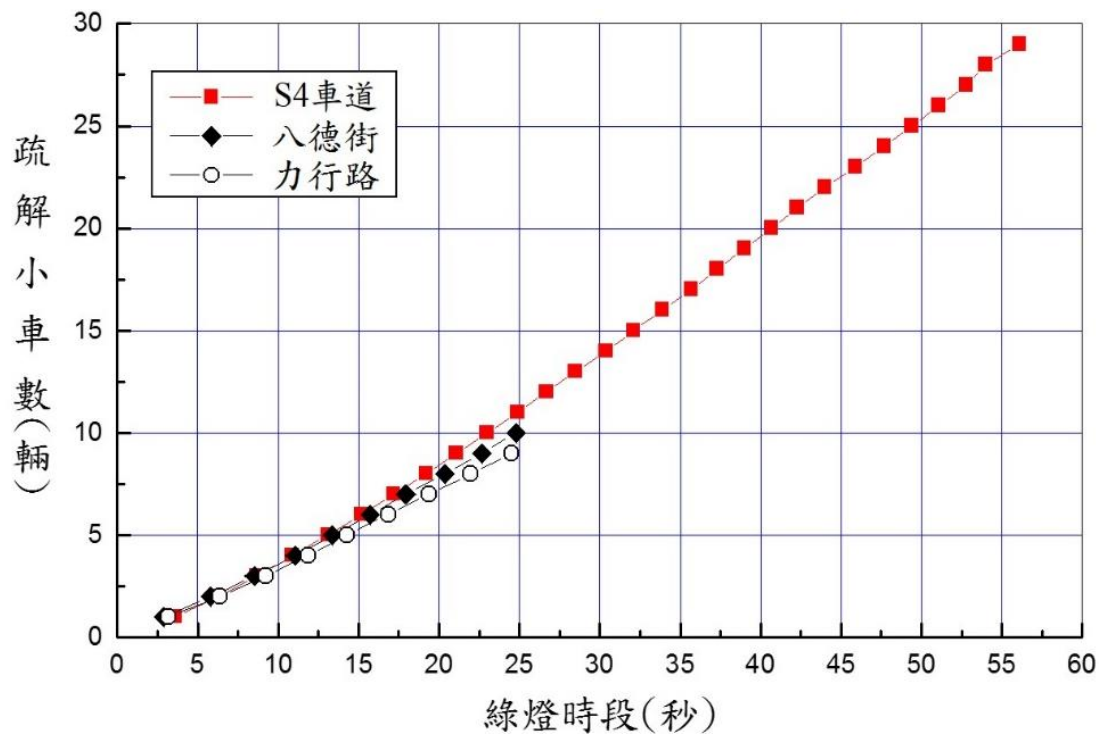


圖 10.11 地下道下游及平坦路段 S4 車道之停等小車疏解率

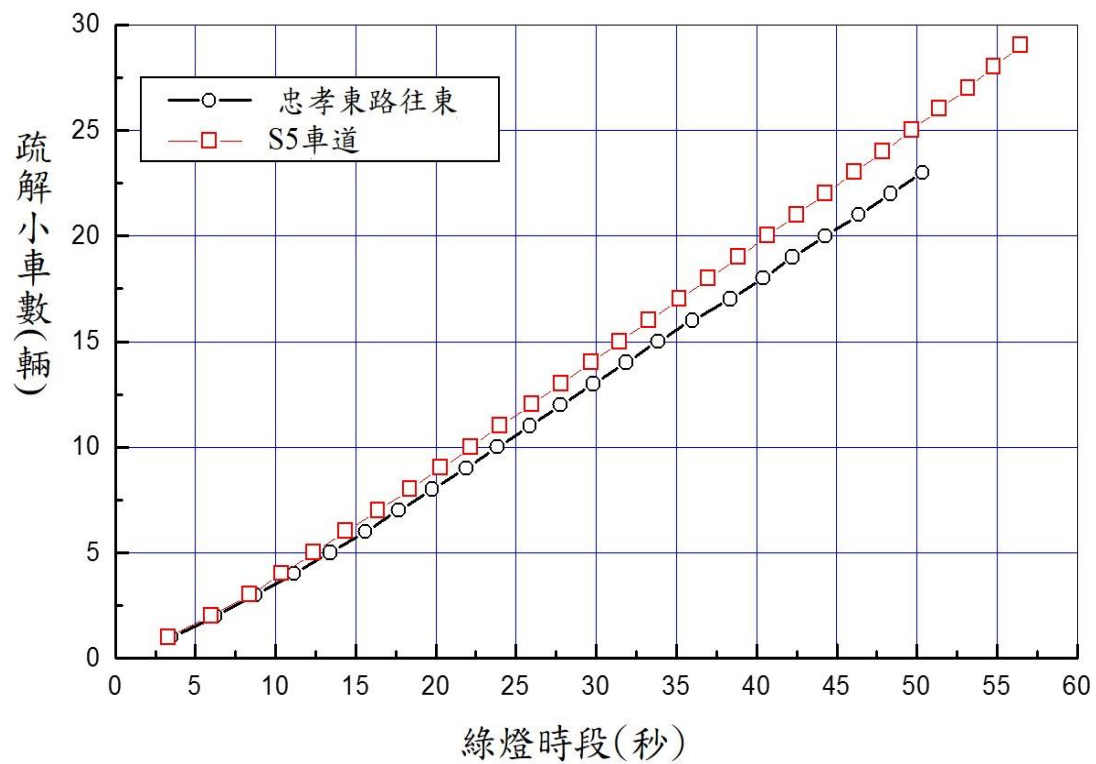


圖 10.12 地下道下游及平坦路段 S5 車道之停等小車疏解率

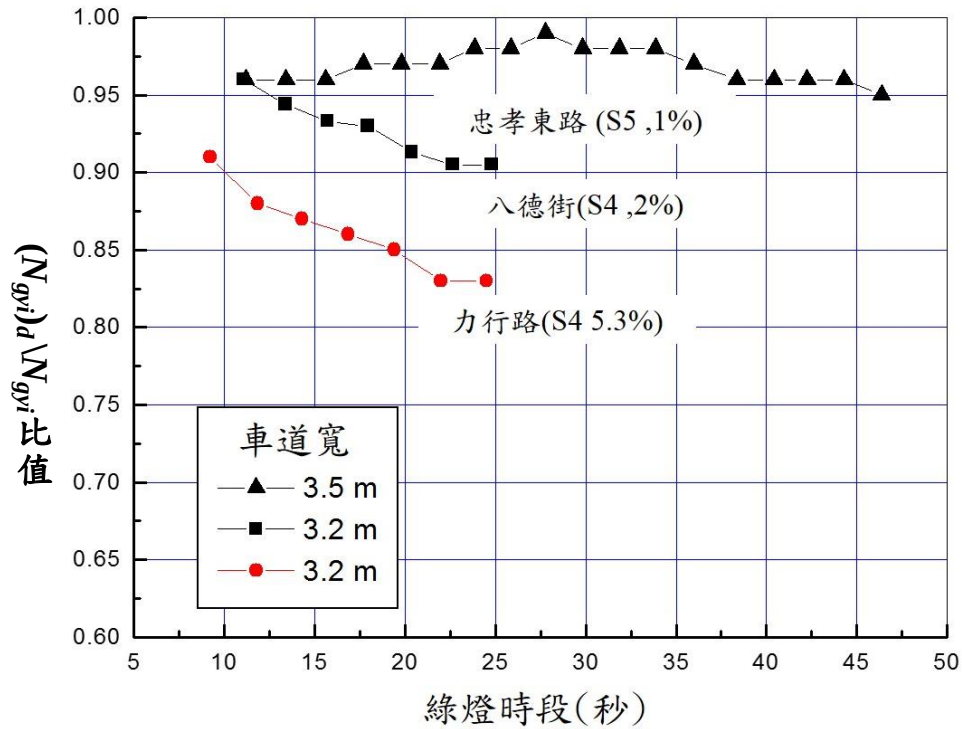


圖 10.13 地下道下游及平坦路段 S4、S5 車道小車疏解率比值與綠燈時段的關係

圖 10.13 之 3 個地下道下游車道中，臺北市忠孝東路往東之 S5 車道相當平坦，坡度只有 1%，車道則比其他兩車道稍微寬。此車道之疏解率與平坦車道疏解率之比值不隨綠燈長度有大的變化，大約是平坦路段車道疏解率的 97% 左右，新北市樹林區八德街往北車道及三重區力行路的坡度較高，車道寬較小。這兩車道與平坦車道之疏解率比值隨綠燈時間增加而有較大變化，但綠燈時間超過大約 22 秒時，比值有趨近穩定現象。

根據圖 10.13 所示的現象，本章用下列調整因素代表中央標線分隔之 S4 及 S5 車道，因地下道之存在對疏解率之影響：

如綠燈時段小於 20 秒，

$$f_g = 0.77 + 0.23e^{-\frac{s}{5.708}} \quad (10.5a)$$

如綠燈時段大於或等於 20 秒，

$$f_g = 0.72 + 0.28e^{-\frac{s}{5.537}} \quad (10.5b)$$

此兩式中，

$f_g = (N_{gyi})_d / N_{gyi}$ = 地下道下游車道坡度影響停等車疏散率之調整因素；

S = 停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)。

10.3.3 無衝突左轉/直行共用車道

本手冊第十一章 11.4.2.7 節用下列模式估計只有無衝突左轉小車時，平坦路段上中央實體分隔單 1 車道之停等車疏散率：

$$N_{gyi} = 0.21 + 0.426g \quad (10.6)$$

此式中，

N_{gyi} = 在可用時相 i 之 g 秒時段內能疏散之停等直行小車數(輛)；

g = 綠燈時段加大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段(秒)。

圖 10.14 比較從式(10.6)所估計之平坦路段 N_{gyi} 及在臺北市林森南路往南地下道下游車道在同一 g 秒內能疏散的左轉小車數($N_{gyi})_d$ 。此圖顯示地下道下游車道上，只有直行小車或是只有左轉小車時的疏散率皆比平坦路段只有左轉小車時的疏散率低。

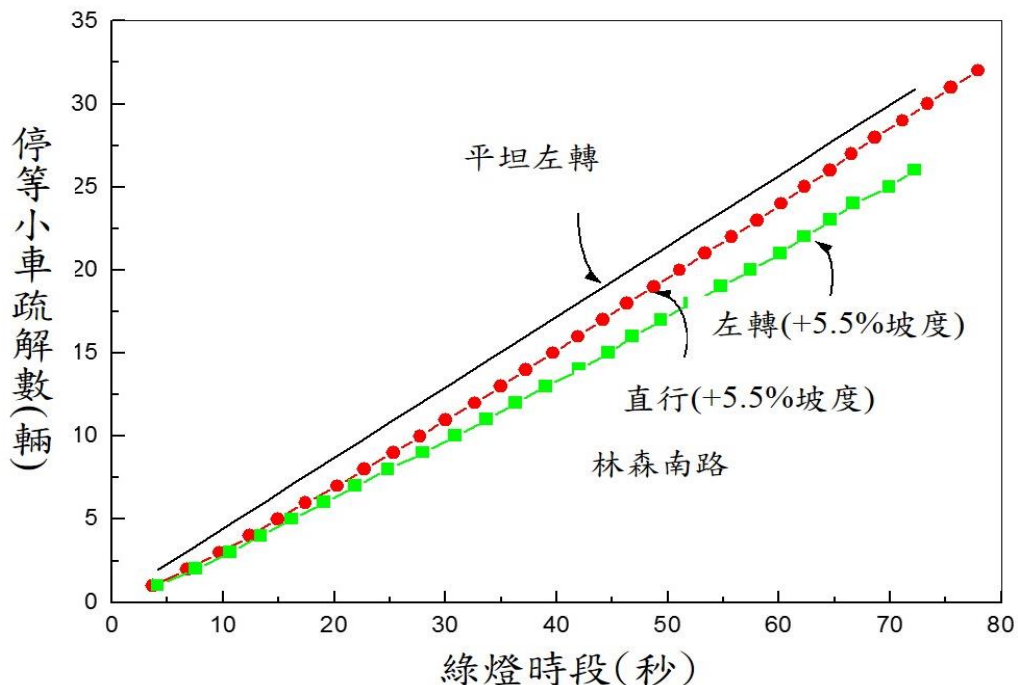


圖 10.14 中央實體分隔只有左轉或只有直行小車之疏散率

圖 10.15 顯示地下道下游車道只有左轉小車之疏解率 $(N_{gvi})_d$ 低於平坦路段之疏解率 N_{gvi} ，其主要原因可能是地下道下游在停止線上游 10 公尺之外的坡度為+6%，在停止線上游 100 公尺範圍內的坡度也高達 5.5%，因此疏解車距相當大。

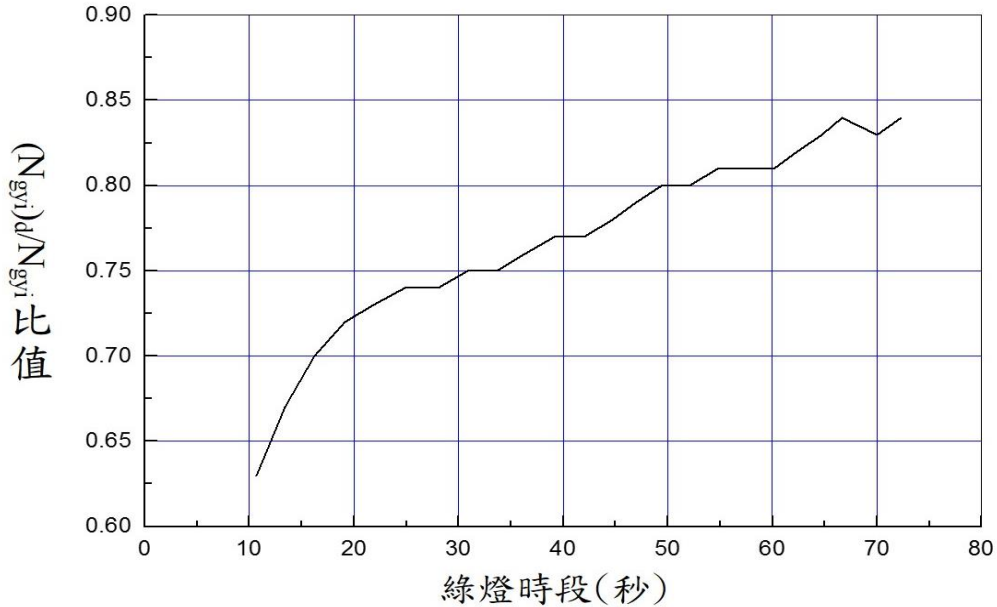


圖 10.15 臺北市林森南路往南地下道下游只有左轉小車之停等車疏解率與平坦路段疏解率的比值

假設林森南路往南路段沒有地下道而且路段平坦時， $(N_{gvi})_d$ 與 N_{gvi} 沒有差別（比值等於 1.0），但有地下道而且停止線附近坡度增加時， $(N_{gvi})_d$ 與 N_{gvi} 之比值會呈線性的降低，則地下道及下游車道坡度對疏解率的影響可用下列調整因素來估計：

如綠燈時段小於 20 秒，

$$f_g = 1 - (1 - 0.55 - 8.88 \times 10^{-3}g) \frac{S}{5.5} \quad (10.7a)$$

如綠燈時段大於或等於 20 秒，

$$f_g = 1 - (1 - 0.68 - 2.27 \times 10^{-3}g) \frac{S}{5.5} \quad (10.7b)$$

上兩式中，

$f_g = (N_{gvi})_d / N_{gvi}$ = 地下道下游車道坡度對疏解率影響之調整因素；

g = 綠燈時段加大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段(秒)；

S = 停止線上游 100 公尺範圍內之平均坡度(%)。

林森南路地下道之左轉/直行共用車道上除了有小車之外，也有大車。以左轉小車之疏解率作為比較基準，此車道上的車輛有如下的左轉小車當量：

- 直行小車：0.9。
- 直行大車：1.6。
- 左轉大車：1.7。

這些當量值與本手冊表 11.21 所建議的 0.95 (直行小車)、1.7 (直行大車) 及 1.9 (左轉大車) 稍有差異。但這些差異是否具有代表性則未知。

10.3.4 無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區)

本手冊第十三章第 13.5.4 節提供一方法來估計有機車停等區之直行/右轉共用車道的疏解率及容量。此方法先估計綠燈開始之瞬間在機車停等區內之機車數及這些機車疏解所需之時間。然後估計在剩餘的綠燈及可有效使用之燈號轉換時段內能疏解的車數。這些隨停等區內機車疏解的車輛包括：小車、大車、跟隨大車或小車之機車及與大車或小車併行之機車。

本手冊用下列模式估計綠燈開始瞬間在停等區之機車數：

$$M = 0.62fLW \quad (10.8)$$

此式中，

M = 綠燈開始瞬間在停等區之機車數 (輛/小時)；

f = 停等區面積被停等機車占用之比例；

L = 停等區之縱深 (公尺)；

W = 分析車道之寬度 (公尺)。

臺北市復興北路往北地下道下游路口之機車停等區縱深有 12 公尺，寬度為 3.3 公尺。現場資料顯示式(10.8)之 f 值等於 0.76。此外，式(10.8)中之 0.62 輛/平方公尺須改為 0.56 輛/平方公尺才比較能反映復興北路停等區之實況。

根據本手冊第十三章，停等區內機車疏解所需的時間可估計如下：

$$T = 2.14 + 1.07fL \quad (10.9)$$

此式中，

T = 疏解停等區內機車所需之時間（秒）。

如果 G 及 Y 各代表綠燈時段及大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段，則停等區內機車疏解後之剩餘綠燈及可有效使用之燈號轉換時段等於 $G + Y - T$ 。本手冊第十三章 13.5.4 節用一相當複雜的模式來估計在 $G + Y - T$ 時段內能疏解之車數，惟此模式有一缺陷。本所在建立該模式時所用的現場資料，併行機車占總車數平均只有 12.6% 左右，但是復興北路往北直行/右轉共用車道上併行機車之比例遠大於 12.6%。因此本手冊第十三章 13.5.4 節之模式顯著低估復興北路北上之併行機車數，其差異如圖 10.16 所示。

根據圖 10.16，本手冊第十三章 13.5.4 節之模式估計值可調整如下以估計在剩餘綠燈及可有效使用之燈號轉換時段中能疏解的車數：

$$N_{gyi} = (N_{gyi})_{HCM} - 1.51 - 1.97P + 361.6P^2 \quad (10.10)$$

此式中，

P = 併行機車占總車數之比例。

式(10.10)之估計值仍稍微高於現場值。此差異可能是地下道下游車道坡度所造成。經測試結果，下列的地下道下游坡度調整因素 f_g 適合用來分析復興北路往北直行/右轉共用車道之疏解率：

$$f_g = 1 - 0.05S \quad (10.11)$$

此式中，

S = 停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)。

圖 10.17 為比較利用式(10.11)調整後之 N_{gyi} 值及現場每週期在剩餘綠燈及燈號轉換時段內能疏解的車數。實際運用式(10.10)及式(10.11)時為數週期的平均疏解車數，因此現場值與估計值之差異較圖 10.17 所顯示之小。

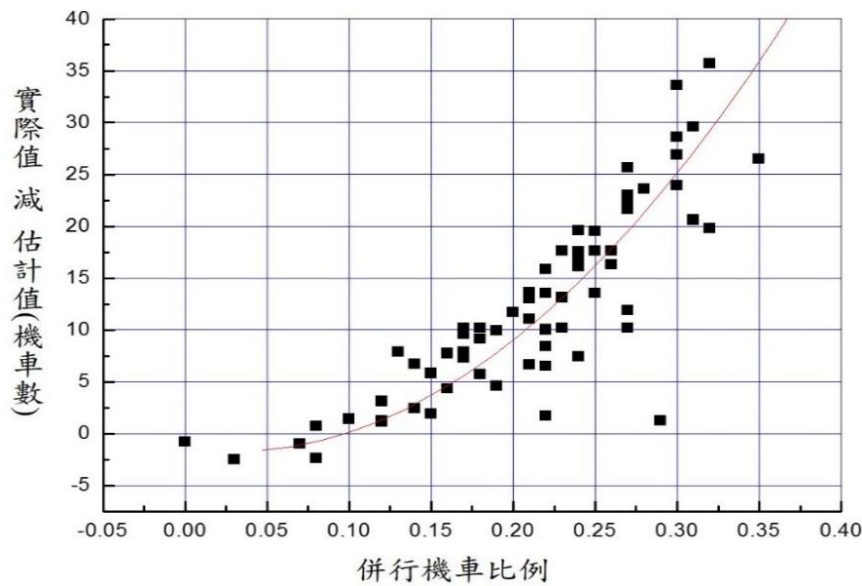


圖 10.16 每週期併行機車數估計值與現場值之差異

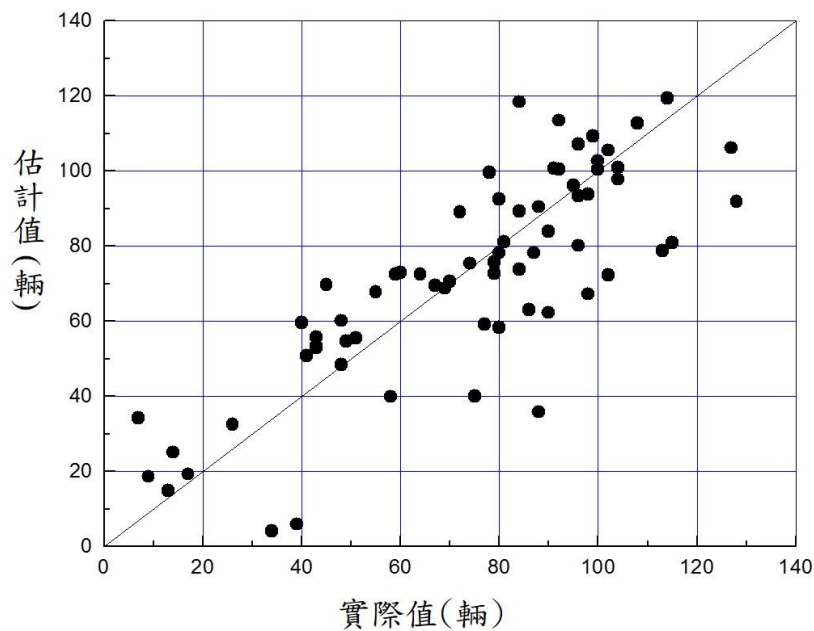


圖 10.17 每週期剩餘綠燈及燈號轉換時段中能疏解車數估計值與現場值之比較

10.3.5 機車專用道

圖 10.18 顯示在臺北市林森南路往南及新北市保安街往南地下道下游機車道之疏解率與綠燈時間的關係。綠燈開始之後 10 秒內，上述車道之疏解率達到高峰，然後明顯的下降並維持一大約穩定的值。這疏解特性與本手冊第十八章圖 18.3 所示的機車專用道疏解特性有差異。本手冊圖 18.3 所顯示疏解率沒有呈高峰然後明顯下降的現象。

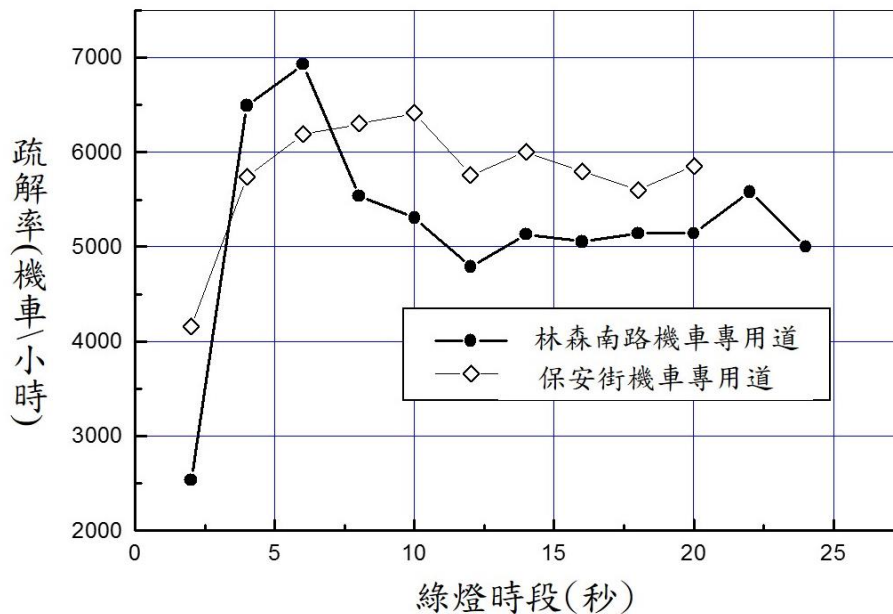


圖 10.18 市區地下道下游機車專用道疏解率與綠燈時段關係

本手冊第十八章建議用綠燈開始 10 秒之後的平均疏解率來訂定飽和疏解率。根據此建議，林森南路及保安街專用道的飽和疏解率各為 5,042 及 5,805 輛/小時。使用這些飽和疏解率來估計容量時也須訂定一適用的起動損失時間。本手冊第十八章之起動時間建議值為 2.9 秒。但林森南路及保安街專用道之疏解率因有達到高峰之後明顯下降的現象，此兩車道適用之起動損失時間接近 0 秒。

本手冊第十八章用下列模式估計機車專用道之飽和流率：

$$Q_{max} = 4,836 + 1,900W_{90} \quad (10.12)$$

此式中，

Q_{max} = 飽和流率 (輛/小時)；

W_{90} = 車輛疏解時占用 90% 之路面寬 (公尺)。

林森南路及保安街之 W_{90} 值各為 1 公尺及 2.7 公尺。如用這兩 W_{90} 值從式(10.12)估計在沒有地下道及坡度時的飽和流率，則林森南路及保安街的專用道飽和流率應各為 6,736 及 7,876 輛/小時。由於實際飽和流率各只有 5,042 及 5,805 輛/小時，因此與平坦路段飽和流率的比值各為 0.75 及 0.74。

實際飽和流率比平坦路段預期飽和流率約低 25% 的原因可能是林森南路及保安街專用道於停止線上游 40~100 公尺範圍內的平均坡度相當高，皆在 +4.8% 及 +5.5% 之間。因此本章將地下道下游坡度調整

因素訂為：

$$f_g = 1 - 0.049S \quad (10.13)$$

此式中，

S = 停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)。

10.4 車道容量估計方法

10.4.1 無機車停等區之車道

本章沿用本手冊第十三章相同的模式來估計地下道下游車道之容量：

$$c = \frac{3600}{C} [\sum_{i=1}^n N_{gyi}] f_v f_g f_b f_s f_z f_p \quad (10.14)$$

此式中，

- c = 車道容量 (輛/小時)；
- C = 號誌週期長度 (秒)；
- N_{gyi} = 特定狀況下，在第 i 個可用時相之綠燈時段及燈號轉換時段中能疏解之平均停等車輛數 (輛)；
- i = 可用時相之代號；
- n = 可用時相數；
- f_v = 車種及行進方向調整因素；
- f_g = 坡度調整因素；
- f_b = 公車站調整因素 (見 13.4.4 節)；
- f_s = 路邊停車調整因素 (見 13.4.5 節)；
- f_z = 交岔路口所在市區調整因素 (設定值：1.0)；
- f_p = 衝突行人調整因素 (見 13.4.6 節)。

因為缺乏現場資料以更新適用值，所以本章採用本手冊第十三章所建議之 f_b 、 f_s 、 f_p 三調整因素。地下道下游通常沒有公車站及路邊停車，也少有衝突行人，所以在多數狀況下，上述三調整因素之值等於 1.0。地下道所在市區對下游車道停等車之疏解率是否有影響也不能斷論，所以式(10.14)中之 f_z 調整值暫設定為 1.0。但是 f_v 及 f_g 之值隨車道類型而變。

10.4.1.1 無衝突直行禁行機車道

表 10.3 所示的 6 種直行禁行機車道中，目前有資料分析的類型只包括 S1、S4 及 S5。本章假設 S1、S2 及 S3 受地下道之存在及地下道下游車道坡度的影響程度相同，亦假設 S4、S5 及 S6 受地下道及下游車道坡度所影響程度相同。根據這些假設，直行禁行機車道之容量可估計如下：

1. 利用表 10.4 之模式估計在平坦路段上直行禁行機車道之停等小車疏解率 N_{gvi} 。

表 10.4 平坦路段直行禁行機車道停等小車疏解率之估計模式

車道類型	估計模式	g 之範圍(秒)
S1	$N_{gvi} = -0.77 + 0.475 g + 1.273 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -3.69 + 0.598 g$	5~55 >55
S2	$N_{gvi} = -0.98 + 0.426 g + 1.105 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -5.40 + 0.566 g$	5~60 >60
S3	$N_{gvi} = -0.59 + 0.428 g + 1.250 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -4.36 + 0.566 g$	5~50 >50
S4	$N_{gvi} = -0.88 + 0.437 g + 1.783 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -3.70 + 0.582 g$	5~50 >50
S5	$N_{gvi} = -0.71 + 0.422 g + 1.500 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -8.68 + 0.638 g$	5~70 >70
S6	$N_{gvi} = -1.28 + 0.425 g + 1.150 \times 10^{-3} g^2$ $N_{gvi} = -3.24 + 0.522 g$	5~50 >50

2. 根據下式估計式(10.14)中車種及行進方向調整因素。

$$f_v = \frac{1}{1 + P_T(E_T - 1)} \quad (10.15)$$

此式中，

P_T =大車之比例；

E_T =大車之小車當量（建議值：1.7）。

3. 用表 10.5 所列之 f_g 模式，估計地下道下游車道坡度對疏解率之調整因素。

表 10.5 地下道下游車道坡度調整因素 f_g

車道類型	綠燈時段 (秒)	f_g 估計模式
中央實體分隔 S1, S2, S3 車道	<20	$0.93 - 12.38 \times 10^{-3} S$
	≥ 20	$0.92 - 6.39 \times 10^{-3} S$
中央標線分隔 S4, S5, S6 車道	<20	$0.77 + 0.23e^{-\frac{S}{5.708}}$
	≥ 20	$0.72 + 0.28e^{-\frac{S}{5.537}}$

註：S=停止線上游 100 公尺範圍內的平均坡度(%)

4. 用本手冊第十三章 13.4.4、13.4.5 及 13.4.6 節的資料估計式 (10.14)中之 f_b 、 f_s 及 f_p 調整因素。
5. 用式(10.14)估計容量。

10.4.1.2 無衝突左轉/直行共用車道

假設地下道下游車道坡度對所有類型共用車道的停等車疏解率有同樣的影響，而且本手冊第十三章所提供的當量值也適用於地下道下游車道上之停等車，則共用車道的容量可估計如下：

1. 根據式(10.6)估計在平坦路段且只有左轉小車時之疏解率 N_{gyi} 。
2. 根據表 10.6 之當量值用式(10.16)估計式(10.14)中之車種及行進方向調整因素 f_v 。

$$f_v = \frac{1}{1 + \sum_v \sum_i P_{vi}(E_{vi} - 1)} \quad (10.16)$$

此式中，

P_{vi} = 車種 v 行進方向 i 車輛之比例，

E_{vi} = 車種 v 行進方向 i 車輛之左轉小客車當量。

表 10.6 共用車道上不同車種直行、左轉之左轉小客車當量

行進方向	直行			左轉		
車種	機車	小車	大車	機車	小車	大車
左轉小客車當量	0.4	0.95	1.71	0.41	1.00	1.90

註：1.機車比例大於 90%，將機車當量減少 0.05。

2.機車比例為 30%~50%，將機車當量增加 0.05。

3.機車比例小於 30%，將機車當量增加 0.10

3. 根據式(10.7)估計地下道下游車道坡度對疏解率之調整因素。
4. 估計式(10.14)中之 f_b 、 f_s 及 f_p 調整因素。
5. 用式(10.14)估計容量。

若直行/左轉共用車道右側有足夠路肩讓機車併行，而且機車數量相當大，則式(10.14)可能低估容量。本所目前沒有足夠資料建立以可靠之模式來估計有併行機車但沒有機車停等區時的車道容量。

10.4.2 無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區)

估計有機車停等區之右轉/直行共用車道容量的程序如下：

1. 根據式(10.8)估計停等區內之機車數 M 。復興北路往北地下道下游停等區內每平方公尺有 0.56 輛機車。式(10.8)用 0.62 輛/平方公尺估計機車數。在沒有實際資料的情況下可在 0.56 及 0.62 輛/平方公尺之範圍內選擇一適用值。
2. 用式(10.9)估計停等區內 M 輛機車在綠燈開始之後疏解所需之時間 T 。
3. 根據本手冊第十三章 13.5.4 節所描述的步驟，以 mix.exe 執行檔估計在剩餘綠燈及大約 3.5 秒可有效使用之燈號轉換時段內能疏解的車輛數 $(N_{gyi})_{HCM}$ ，該執行檔可於「臺灣公路容量分析專區」網站下載。
4. 用式(10.10)調整 $(N_{gyi})_{HCM}$ 成為 N_{gyi} 。
5. 估計從停止線到停等區上游端點之間的平均坡度 S_a (%)，然後用式(10.11)估計停等區機車疏解時之坡度調整因素：

$$(f_g)_a = 1 - 0.05S_a \quad (10.17)$$

6. 估計從停止線到上游 100 公尺之間的平均坡度 S_b (%)，然後用式(10.11)估計剩餘綠燈及燈號轉換時段中疏解率之坡度調整因素：

$$(f_g)_b = 1 - 0.05S_b \quad (10.18)$$

7. 根據下式估計容量：

$$c = \frac{3600}{C} [M(f_g)_a + N_{gyi}(f_g)_b] f_b f_s f_p \quad (10.19)$$

此式中，

c = 直行/右轉混合車流車道之容量 (輛/小時) ;
 C = 號誌週期長度 (秒) ;
 M = 從式(10.8)所估計之疏解機車數 (輛) ;
 N_{gyi} = 從式(10.10)所估計之疏解車輛數 (輛) ;
 $(f_g)_a$ = 坡度調整因素 (式 10.17) ;
 $(f_g)_b$ = 坡度調整因素 (式 10.18) ;
 f_b = 公車站調整因素 (見 13.4.4 節) ;
 f_s = 路邊停車調整因素 (見 13.4.5 節) ;
 f_p = 衝突行人調整因素 (見 13.4.6 節) 。

10.4.3 機車專用道

地下道下游機車專用道的容量可估計如下：

1. 根據本手冊第十八章式(18.2)，估計機車疏解時 90%機車所用之車道寬 W_{90} 。
2. 用下式估計容量：

$$c = (4,836 + 1,900W_{90}) \left(\frac{G + \Delta G - L_s}{C} \right) (1 - 0.049S) \quad (10.20)$$

此式中，

c = 車道容量 (輛/小時) ;
 W_{90} = 車輛在疏解時占用 90%之路面寬 (公尺) ;
 G = 綠燈時間 (秒) ;
 ΔG = 可有效使用之燈號轉換時段 (建議值：3.5 秒) ;
 L_s = 起動損失時間 (建議值：0~2.9 秒) ;
 C = 號誌週期長度 (秒) ;
 S = 停止線上游 100 公尺內之平均坡度(%)。

10.5 應用例題

10.5.1 例題 1：無衝突直行禁行機車道

一市區地下道下游有一中央實體分隔之路段，此路段無快慢分隔，無緊鄰公車專用道，沒有公車站在車道旁，路邊不准停車，路口很少有行人。地下道下游有一號誌化路口，停止線到上游 100 公尺之

間的平均坡度為+3%（上坡），車道寬為 3.3 公尺，號誌之週期長度為 90 秒。地下道下游直行快車道的車輛每週期分配 60 秒綠燈、4 秒黃燈及 1 秒全紅時間。如果大車占總車輛之 5%，試估計此車道的容量。

解：

上述車道屬表 10.3 中之 S1 車道，假設 3 秒之燈號轉換時段（黃燈加全紅 = 5 秒）可被車輛有效的利用來疏解，則車道容量可根據下列步驟來估計：

1. 從表 10.4 中 S1 車道之估計模式：

$$N_{gvi} = -3.69 + 0.598 \times 63 = 34.0 \text{ 輛直行小車}$$

2. 用式(10.15)估計車種及行車方向調整因素：

$$f_v = \frac{1}{1+0.05(1.7-1)} = 0.97$$

3. 從表 10.5 查找 S1 類型車道之模式估計地下道下游車道坡度之調整因素：

$$f_g = 0.92 - 6.39 \times 10^{-3} \times 3 = 0.9$$

4. 式(10.14)中其他調整因素 f_b 、 f_s 、 f_z 及 f_p 等於 1.0。

5. 從式(10.14)估計容量：

$$c = \frac{3600}{90} \times 34.0 \times 0.97 \times 0.9 = 1,187 \text{ 輛/小時。}$$

10.5.2 例題 2：無衝突左轉/直行共用車道

一地下道下游有一號誌化路口。停止線到上游 100 公尺之間的平均坡度為+3%。其中一車道供直行及左轉車共用。車道旁無公車站及路邊停車。路口也少有行人。共用車道的車種及行進方向的比例如下：

直行機車：0.25

小車：0.50

大車：0.03

左轉機車：0.10

小車：0.10

大車：0.02

號誌週期為 90 秒。共用車道在每一週期中得到 60 秒之綠燈及 5 秒的燈號轉換時段。有 3 秒的燈號轉換時間可有效的用來疏解車輛，試估計此車道之容量。

解：

1. 從式(10.6)估計只有左轉小車時之疏解率：

$$N_{gyi} = 0.21 + 0.426(60 + 3) = 27.0$$

2. 根據表 10.6 各車種及行進方向組合的左轉小車當量如下：

直行機車：0.4 + 0.05

小車：0.95

大車：1.71

左轉機車：0.41 + 0.05

小車：1.0

大車：1.9

上述當量可用在式(10.16)估計車種及行車方向調整因式：

$$\begin{aligned} 1 + \sum_v \sum_i P_{vi}(E_{vi} - 1) &= 1 + 0.25[(0.4 + 0.05) - 1] + 0.5(0.95 - 1) + \\ &\quad 0.03(1.71 - 1) + 0.10[(0.41 + 0.05) - 1] + \\ &\quad 0.1(1.0 - 1) + 0.02(1.9 - 1) \\ &= 0.823 \end{aligned}$$

$$f_v = \frac{1}{0.823} = 1.22$$

3. 從式(10.7)估計地下道下游車道坡度調整因素：

$$f_g = 1 - (1 - 0.68 - 2.27 \times 10^{-3} \times 63) \frac{3}{5.5} = 0.9$$

4. 式(10.14)之 f_b 、 f_s 、 f_z 及 f_p 等於 1.0。

5. 從式(10.14)，共用車道之容量為：

$$c = \frac{3600}{90} \times 27.0 \times 1.22 \times 0.9 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1,186 \text{ 輛/小時}$$

左轉/直行共用車道右側如有足夠路肩讓機車併行，而且機車數量相當大，則上述容量估計值可能低估容量。本所目前沒有足

夠資料建立一可靠模式來估計有併行機車但沒有機車停等區時的車道容量。

10.5.3 例題 3：無衝突直行/右轉共用車道(含機車停等區)

一地下道下游有一寬 3.3 公尺之直行/右轉共用車道。車道上有一長 12 公尺之機車停等區。在尖峰之紅燈時段中，76%之停等區面積被停等機車占用。停等區之平均坡度為+2%，從停止線到上游 100 公尺之間的平均坡度為+3%，共用車道旁沒有公車站也不准路邊停車。很少有行人欲通過地下道下游之路口。號誌控制的週期長度為 150 秒，共用車道在一週期所得的綠燈為 80 秒。燈號轉換時段有 5 秒，但能有效運用之燈號轉換時段只有 3.5 秒。此外，共用車道有下列車種及行進方向的組合：

- 直行小車比例 $X_2 = 0.31$ 。
- 右轉小車比例 $X_3 = 0.08$ 。
- 與小車及大車無併行之直行機車比例 $X_4 = 0.32$ 。
- 與小車及大車無併行之右轉機車比例 $X_5 = 0.08$ 。
- 直行大車比例 $X_6 = 0.05$ 。
- 右轉大車比例 $X_7 = 0.00$ 。

試估計上述共用車道之容量。

解：

1. 根據式(10.8)，但將式中之 0.62 改為 0.60(見 10.4.2 節第 1 項)可得停等區內機車數：

$$M = 0.6 \times 0.76 \times 12 \times 3.3 = 18.1 \text{ 輛}$$

2. 從式(10.9)估計停等區內機車疏散所需時間：

$$T = 2.14 + 1.07 \times 0.76 \times 12 = 11.9 \text{ 秒}$$

所以剩餘綠燈加 3.5 秒可用之燈號轉換時間等於 $80 + 3.5 - 11.9 = 71$ 秒。用 g_u 代表這剩餘時間。

3. 以 mix.exe 執行檔估計在 g_u 時間內能疏散的車數，該執行檔可於「臺灣公路容量分析專區」網站下載。使用 mix.exe 所需的輸入資料包括： $g_u = 71.6$ 秒，前述之 $X_2 \sim X_7$ 及車道寬 3.3 公尺。mix.exe

之輸出值如下：

$$(N_{gyi})_{HCM} = 49.6 \text{ 輛}$$

4. 用式(10.10)調整 $(N_{gyi})_{HCM}$ 。執行此工作之前須先估計併行機車占總車數之比例：

$$P = 1 - X_2 - X_3 - X_4 - X_5 - X_6 - X_7 = 0.16$$

(註：此 P 值等於本手冊表 13.9 之 X_9)

根據 $P = 0.16$ 及式(10.10)，

$$N_{gyi} = (49.6 - 1.51 - 1.97 \times 0.16 + 361.6 \times 0.16^2) = 57.0 \text{ 輛}$$

5. 用式(10.17)估計停等區坡度調整因素：

$$(f_g)_a = 1 - 0.05 \times 2 = 0.9$$

6. 用式(10.18)估計停止線與上游 100 公尺之間平均坡度之調整因素：

$$(f_g)_b = 1 - 0.05 \times 3 = 0.85$$

7. 用式(10.19)估計容量：

$$c = \frac{3600}{150} [18.1 \times 0.9 + 57.0 \times 0.85] \times 1 \times 1 \times 1 = 1,554 \text{ 輛/小時}$$

10.5.4 例題 4：機車專用道

一地下道下游有一寬 3 公尺機車專用道。專用道左、右側皆為實體分隔。停止線到上游 100 公尺之間的平均坡度為+3%。下游號誌之週期為 120 秒。專用道之綠燈時段及燈號轉換時段各為 70 秒及 5 秒。3.5 秒燈號轉換時間可有效運用。疏解率有達到高峰之後明顯下降成一穩定狀態的現象（啟動損失時間接近 0 秒）。試估計此車道容量。

解：

1. 根據本手冊第十八章式(18.2)，上述車道 90%之車道寬為：

$$W_{90} = 3 - 0.55 - 0.55 = 1.9 \text{ 公尺。}$$

2. 用式(10.20)估計容量：

$$c = (4,836 + 1,900 \times 1.9) \left(\frac{70 + 3.5 - 0}{120} \right) (1 - 0.049 \times 3)$$

=4,413 輛/小時

參考文獻

1. 「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. *Highway Capacity Manual*, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
3. 「高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性之研究 (1/3)」, 100-78-1292, 交通部運輸研究所, 民國 100 年 5 月。
4. 「高快速公路收費站、隧道及坡度路段容量及車流特性之研究 (2/3)」, 101-96-1315, 交通部運輸研究所, 民國 101 年 7 月。