

第十九章 行人設施

目 錄

	頁次
19.1 緒論.....	19-1
19.2 行人流特性	19-1
19.2.1 行人步行速率.....	19-1
19.2.2 有效步道寬度.....	19-2
19.2.3 速率、密度、流率及每行人所占面積之關係	19-4
19.3 服務水準劃分標準	19-5
19.4 分析方法.....	19-7
19.5 應用例題.....	19-10
19.5.1 例題 1.....	19-10
19.5.2 例題 2.....	19-11
參考文獻.....	19-11

圖目錄

	頁次
圖 19.1 需求流率、實際流率與行人設施示意圖	19-8

表目錄

	頁次
表 19.1 行人流流動品質	19-2
表 19.2 行人在單位步道寬之流動狀況	19-2
表 19.3 障礙物所減少之有效步道寬度	19-3
表 19.4 行人交通流關係式	19-4
表 19.5 行人交通設施服務水準等級	19-7

19.1 緒論

行人流(pedestrian flow)是許多交通設施於設計及現況評估時的重要考慮因素之一，這些交通設施包括航空站、鐵路及捷運車站、行人陸橋、行人地下道、行人穿越道、及人行道等。設計及評估行人設施須考慮行人之舒適、方便及安全。

本章之分析方法仍沿用民國 79 年之「臺灣地區公路容量手冊」[1]，其分析對象只包括水平步道及階梯。

19.2 行人流特性

19.2.1 行人步行速率

行人步行速率受許多因素影響，例如年齡、健康情形、障礙物之存在、交通設施之性質、行人密度等。

行人步行速率是號誌控制之一重要因素，若一交岔口因行人流動頻繁，號誌控制必須讓行人安全的跨越交岔口，則號誌之時制設計需考慮使用行人第 15 百分位之速率以訂定時制設計。根據早期的研究[2]，行人在號誌化路口第 15 百分位之速率為 1.2 公尺/秒。

在一般行人步道上，影響行人速率的最大因素為每行人平均占有的走道面積，表 19.1 描述此因素在國外環境下對行人流動之影響[3]。臺北市政府工務局新工處也曾以行人之單位步道寬度描述行人流動之狀況[4]，如表 19.2 所示。

根據表 19.2 如每一公尺寬步道上行人流率在每分鐘 2 人以下，則行人有充分的自由，因而屬高等級之服務水準，這種推理一般在需求流率等於表 19.2 之流率時才合理。如表 19.2 之流率為觀察到之流率，則因每分鐘 2 人以下之流率可能是在低密度之情形也可能在密度很高、行動困難之情形，所以不能直接從流率或相關之流量/容量比(V/C)確定真正的活動狀況。

表 19.1 行人流流動品質

流動品質	均質人群的行人流		有群集人群的行人流		行人流動狀況
	行人平均占有面積 (m ² /人)	流量 (人/分/公尺寬)	行人平均占有面積 (m ² /人)	流量 (人/分/公尺寬)	
寬闊的	>49	<2	>49	<1.6	*行人間沒有任何的相互影響
不受限制的	12~49	2~7	6~49	1.6~15	*行人流中開始有些人群出現 *行人可以自在的行走
受限制的	4~12	7~20	4~6	15~20	*行進時會與他人有少許接觸
受束縛的	2~4	20~33	2~4	20~33	*不可自由的選擇步行速度 *有衝突產生
擁擠的	1.5~2	33~46	1.5~2	33~46	*行人流仍屬流暢但有許多衝突，且步行速度降底
壅塞的	1~1.5	46~59	1~1.5	46~59	*行人流產生擁擠不堪的狀況
無法動彈的	0.2~1	59~82	0.2~1	>59	*非常的擁擠

資料來源：[3]

表 19.2 行人在單位步道寬之流動狀況

流率 (人/分/公尺)	V/C	行人流動狀況
< 2	<0.03	步行不受阻礙，活動自由，且可成 3 群而行
2 ~ 7	0.04~0.11	步行偶受阻礙成群而行有時需改變隊形，橫越時有衝突發生
7 ~ 20	0.12~0.33	步行受限制，不能成群而行
20 ~ 33	0.34~0.55	中度擁擠步行時偶與他人碰觸，行進中常有衝突發生
33 ~ 47	0.56~0.77	嚴重擁擠，慢行者亦受限制
47 ~ 60	0.78~1.00	街道塞滿人群，舉步維艱

資料來源：[4]

19.2.2 有效步道寬度

行人步道上經常有固定的障礙物，如牆壁，路燈，電話亭等。行人有避開這些障礙物的傾向，因而減少步道之有效寬度及其相關之容量。表 19.3 顯示因固定障礙物之存在而減少的有效步道寬度。

臺灣常見的騎樓除有固定障礙物之外，亦有活動性的障礙物，如

機車、攤販、購物之人群及商品。階梯、人行陸橋及地下道也常有攤販及圍觀購買的人群造成對行人交通之阻礙。

表 19.3 障礙物所減少之有效步道寬度

障 礙 物 種 類	損 失 寬 度 (公 尺)
街 道 設 施	
路燈	0.76~1.07
交通號誌控制箱	0.94~1.22
火警警鈴箱	0.76~1.07
消防栓	0.76~0.91
交通標誌	0.61~0.76
停車收費器	0.61
郵筒	0.98~1.13
電話亭	1.22
垃圾桶	0.91
休閒椅	1.52
公 共 通 道 入 口 附 近 設 施	
通往地下鐵車站的樓梯	1.68~2.13
地下鐵有柵欄的通風口	1.83+
繼電器的散熱口	1.52+
美 化 環 境 設 施	
樹	0.61~1.22
花盆	1.52
商 業 用 途 設 施	
售報機	1.22~3.96
自動販賣機	變動的
廣告招牌	變動的
商店招牌	變動的
路側人行道上的咖啡店	變動的
建 築 物 突 出 部 份	
柱子	0.76~0.91
門前的臺階	0.61~1.86
地下室的門	1.52~2.13
儲水塔的連接管	3.05
布的支柱	0.76
卡車的卸貨平臺	變動的
停車場的進出口	變動的
專用道	變動的

資料來源：[5]

19.2.3 速率、密度、流率及每行人所占面積之關係

行人流之速率、密度、流率及每行人所占面積有如下的關係：

$$Q = UK = \frac{U}{m} \quad (19.1)$$

此式中，

Q = 流率(人/分)；

U = 平均速率(公尺/分)；

K = 密度(人/平方公尺)；

$m = 1/K$ = 每行人所占步道面積(平方公尺/人)。

式(19.1)所代表的關係隨行人設施之不同而變化。一般行人設施如陸橋、地下道及人行道等可分成水平步道及階梯兩部分。經由現場資料用統計迴歸方法而得的關係如表 19.4 所示[6]。由此表可知水平步道及階梯之行人流有顯著不同的特性。水平步道之行人流特性也因步道之所在地區而變。

表 19.4 行人交通流關係式

項 目		速率與密度關係	速率與行人占有面積關係	流量與行人占有面積 關係
水 平 步 道	商業區	$U = 72 - 18K$	$U = \frac{72m - 18}{m}$	$Q = \frac{72m - 18}{m^2}$
	通勤區	$U = 78 - 19K$	$U = \frac{18m - 19}{m}$	$Q = \frac{18m - 19}{m^2}$
階 梯		$U = 34.2 - 4.5K$	$U = \frac{34.2m - 4.5}{m}$	$Q = \frac{34.2m - 4.5}{m^2}$

資料來源：[6]。

表 19.4 假設速率與密度有直線形的關係，如速率與密度之關係稍異於線形關係，則從表 19.4 之迴歸公式所導出的行人流特性有可能與實際之特性大不相同。例如實際的臨界速率為 60 公尺/分，迴歸公式導出之臨界速率可能只有 50 公尺/分。所以迴歸公式之使用必須非常小心以避免誤導。

19.3 服務水準劃分標準

一般而言，度量服務水準常用的績效指標為速率、運行時間、操作的自由度（freedom to maneuver）、交通流阻滯、舒適、便利性及安全性。而行人流常用的度量指標除了與車流相似的如選擇速率和超越他人的自由度之外，還有一些專屬於行人的度量指標，如：

1. 穿越行人流的難易度（或超越慢行者的可能性）。
2. 與主要行人流反向行走的能力。
3. 不必改變步行速率或步伐，且不與他人產生衝突的行走能力。
4. 舒適感：如行人遮蓬設施，用以保護行人免於風吹日曬雨打。
5. 便利性：如步行設施的行走距離、步道的直接性、坡度等影響行人行走方便性的特性。
6. 安全性：如與車流分離的設施或號誌控制設施等。
7. 保安性（security）：如照明設備等。
8. 經濟性：如使用者成本因延滯而提高。

由以上的討論可知，行人交通設施服務水準劃分牽涉到主觀的感受與度量，因此，依行人步行時感受的差異性，將水平步道的服務水準分為下列六級：

1. A 級：

可自由地選擇步行的速率，可穿越慢行的人，且不會產生衝突，可任意改變方向。

2. B 級：

尚可選擇自由的步行速率，穿越時會產生輕微的衝突，可以超越前方的行人但會產生干擾。

3. C 級：

選擇自由的步行速率的能力受到限制，穿越時有較高的衝突可能性，略有可能超越前方行人。

4. D 級：

正常的步行速率受到限制，穿越或超越他人的可能性低，改變方向困難。

5. E 級：

行人接著前方的人群移動，步行速率受限於他人，穿越或超越他人的行動很困難，無法避免與他人產生衝突。

6. F 級：

行人的步行狀態為拖者腳走，穿越或超越他人的行動很不可能，與他人產生身體的接觸，反向行走很不可能。

同理，依行人上下階梯差異感受將階梯服務水準分成下列六等級：

1. A 級：

可自由的選擇上下階梯的速率，可超越他人，可反向行走。

2. B 級：

尚可自由的選擇上下階梯的速率，超越慢行的人有一點點困難；反向行走會產生輕微的衝突。

3. C 級：

上下階梯的速率受限制於他人，不易超越他人，反向行走會產生衝突，但不嚴重。

4. D 級：

上下階梯的速率受到限制，不可超越他人，反向行走會有一些衝突發生。

5. E 級：

無法達到正常的上下階梯速率，且行人行走有停止的現象產生，反向行走會產生嚴重的衝突。

6. F 級：

行人的行走幾乎快停止，有很多的停止現象發生，只能隨著前方的行人慢慢的移動，無法反向行走。

依據前述之服務水準定義，將商業區、通勤區之水平步道及階梯之服務水準等級按行人平均占有面積、平均速率、平均密度及流率等四個準則予量化，其結果如表 19.5 所示。

表 19.5 行人交通設施服務水準等級

類	分 項		行人平均占有 面 積 (平方公尺/人)	流 率 (人/分/公尺)	平均密度 (人/平方 公尺)	平均速率 (公尺/ 分)
	目					
A	水平 步道	商業區	≥ 3.13	≤ 22	≤ 0.32	67
		通勤區	≥ 3.13	≤ 23	≤ 0.32	> 72
	階 梯		≥ 1.82	≤ 17.5	≤ 0.55	> 32
B	水平 步道	商業區	2.08-3.12	23-29	0.33-0.48	63-67
		通勤區	2.08-3.12	24-33	0.33-0.48	69-72
	階 梯		1.22-1.81	17.6-25.0	0.56-0.82	30.5-32.0
C	水平 步道	商業區	1.28-2.07	30-48	0.49-0.78	58-63
		通勤區	1.28-2.07	34-49	0.49-0.78	63-69
	階 梯		0.85-1.27	25.1-34.0	0.83-1.18	28.9-30.5
D	水平 步道	商業區	0.85-1.27	49-59	0.79-1.18	50-58
		通勤區	0.85-1.27	50-66	0.79-1.18	56-63
	階 梯		0.60-0.84	34.1-44.5	1.19-1.66	26.7-28.9
E	水平 步道	商業區	0.84-0.84	60-72	1.19-2.10	35-50
		通勤區	0.84-0.84	67-80	1.19-2.10	38-56
	階 梯		0.36-0.59	44.6-60.0	1.67-2.80	21.7-26.7
F	水平 步道	商業區	< 0.48	< 72	> 2.10	< 35
		通勤區	< 0.48	< 80	> 2.10	< 38
	階 梯		< 0.36	< 60	> 2.80	< 21.7

資料來源：[6]

19.4 分析方法

民國 79 年的「臺灣地區公路容量手冊」[1]建議利用現場調查以評估行人設施之服務水準，但在規劃行人設施時現場調查並不適用，

所以有必要考慮其他分析方法。

從表 19.5 可知，服務水準之績效指標包括行人平均占有面積、密度，流率及速率，其中平均占有面積與密度的性質一樣。這些指標中，流率最容易從現場調查以估計，當行人步道或階梯相當長時，密度及速率不容易從現場調查而獲得準確的估計值。流率雖容易從現場調查以估計，其估計值也容易被誤用，這原因是因為同一流率下，交通狀況可能是穩定不壅塞，也可能是不穩定壅塞狀況。換言之，如果只有流率已知，實際的人流狀況尚不能確定。所以利用流率以評估服務水準時，表 19.5 中之流率必須是需求流率。

需求流率不一定等於在步道上或階梯上所觀察到的流率，此兩種流率之差異可用圖 19.1 說明之。此圖中之 Q 代表在調查時間內欲利用一行人設施之行人需求流率，此流率為在行人設施無壅塞時，欲進入而且能進入行人設施之流率。例如火車到站後衍生往出口行進的行人流，此往出口行進但尚未受出口處人群阻擋的行人流率為出口之需求流率。如一行人設施之容量足以承載需求流率，則實際可通過該設施的流率應等於需求流率。如行人設施之容量低於需求流率，則行人設施會有壅塞狀況而實際流率不僅可能低於容量，也可能遠低於需求流率。所以用流率以評估行人設施之服務水準時，必須利用需求流率才能反應真正的服務水準。



圖 19.1 需求流率、實際流率與行人設施示意圖

根據以上的討論，規劃及設計水平步道或階梯時可依照下列的步驟評估服務水準：

1. 估計需求流率 Q (人/分鐘)

如行人設施為街道旁邊或連接街道之步道或階梯，則需求

流率為尖峰小時 15 分鐘之流率。如行人設施為承載大型車站或航空站之行人，則可考慮用較短的尖峰時段(如 5 分鐘)流率以訂定需求流率。

2. 估計有效寬度 W (公尺)

有效寬度等於走道或階梯寬度減掉因障礙物之存在而不能使用之寬度。

3. 估計單位有效寬度所須承載之流率 Q/W 。

4. 根據 Q/W 從表 19.5 訂定服務水準等級。

5. 修定原來設計並重新分析直到所能提供的服務水準能滿足需要。

如欲進行現場調查以評估一現存設施之服務水準，則資料蒐集以密度為重點，其程序如下：

1. 量測並紀錄欲分析之步道或階梯長度 L 。

2. 如步道或階梯之幾何設計及障礙物之性質造成行人流特性隨地點而有顯著的變化，則將步道或階梯分成數個均勻路段，每路段須各別調查及分析。

3 估計各路段之有效寬度 W_e 。

有效寬度等於實際寬度減掉因障礙物的存在而不能利用之寬度。在還未訂定適用於臺灣的障礙物影響程度之前，有效寬度可從實際寬度及表 19.3 之損失寬度估計之。

4. 估計調查時間內之行人密度

調查與街道並行或相鄰的人行步道或階梯時，調查時間以不短於 15 分鐘為原則。在調查時間內之行人密度可由觀察員直接觀察並紀錄或先錄影再分析。如路段太長時，可將路段分割成小段區域，每一小段由一觀察員或錄影機負責蒐集資料。資料蒐集及分析的手續如下：

(1) 調查開始後，分時段(如 10~15 秒)紀錄在調查區域 j 內之行人數 n_{ij} ，直到調查時間(不短於 15 分鐘為原則)完畢，總共記錄的次數為 K ，亦即 $i=1,2,3,\dots,K$ 。

(2) 估計在調查區域 j 內每時段(如 10~15 秒)之平均行人數 N_j 。

N_j 之值如下：

$$N_j = \frac{\sum_{i=1}^K n_{ij}}{K} \quad (19.2)$$

- (3) 估計總長度 L 之路段內每時段(如 10~15 秒)之平均行人數 N 。
如一路段分隔成 p 小段(區域)，則 N 之值為：

$$N = \sum_{j=1}^p N_j \quad (19.3)$$

- (4) 估計路段之行人密度如下：

$$D = \frac{N}{LW_e} \quad (19.4)$$

此式中，

D = 行人密度(人/平方公尺)；

L = 路段長度(公尺)；

W_e = 路段有效寬度(公尺)。

- (5) 根據從式(19.3)所得之密度，從表 19.5 對照服務水準之等級。
例如在商業區之水平步道如其密度為 0.9 人/平方公尺，則相關之服務水準為 D。

19.5 應用例題

19.5.1 例題 1

臺北市昆明街商業區之一騎樓在晚上 6:30~6:45 時，行人流量為 800 人，騎樓之寬度為 4 公尺，障礙物包括騎樓柱、攤販、購買人、機車等造成 2.45 公尺有效寬度之損失，試決定其服務水準。

解：

本例騎樓之實際流率為 $800/15=53.3$ 人/分，有效寬度為 $4-2.45=1.55$ 公尺，所以每公尺有效寬度之流率為 $53.3/1.55=34.4$ 人/分/公尺。如此流率之相關行人流屬穩定、不壅塞狀況，則從表 19.5 可知，其相關之服務水準為 C 級。如行人流屬不穩定、壅塞狀況，則其相關之服務水準為 F 級。

19.5.2 例題 2

在商業區之一新路橋的需求流率為 70 人/分，此路橋兩旁有護牆但無其他障礙物，這些護牆將有效橋寬減少 1 公尺。如此路橋須維持 C 級的服務水準，則其最小寬度為何？

解：

在商業區之路橋如欲維持 C 級之服務水準，則其水平步道之需求流率不應超過 48 人/分/公尺，而其階梯之需求流率不應超過 34 人/分/公尺，所以設計之需求流率不能超過 34 人/分/公尺。假設路橋寬為 W 公尺，則有效寬度為 $W-1$ 公尺，而每公尺寬之需求流率為 $70/(W-1)$ 人/分，此值不能超過 34，亦即：

$$\frac{70}{W-1} \leq 34$$

所以最小的橋寬為 $W=70/34+1=3.1$ 公尺。

參考文獻

1. 「臺灣地區公路容量手冊」，79-27-160，交通部運輸研究所，民國 79 年 10 月。
2. 「台灣地區公路容量名詞與調查方法之研究」，88-17-1152，交通部運輸研究所，民國 88 年 11 月。
3. Push Karer, B. and Zupan, J. H., "Capacity of Walkway", *Transportation Research Record* 538, 1975, pp.1-15.
4. 「市區全面性行人道系統與行人安全維護法規之確立」，臺北市政府工務局新工處，1966 年。
5. *Highway Capacity Manual*, Special Report 209, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C., 1985.
6. 「台灣地區公路容量手冊技術報告(第二部分)」，76-18-123，交通部運輸研究所，民國 76 年 5 月。