

□論 文□

交叉路 容量分析을 爲한 交通流 特性 基礎調查

A Basic Investigation on the Characteristics of Traffic Flow
for the Capacity Analysis of Signalized Intersections

李 勝 煥

(亞洲大學校 産業工學科 教授)

目 次

I. 序 論
II. 資料調查

III. 資料分析 및 結果
IV. 結 論

ABSTRACT

This study concentrates on a basic investigation research related to some of parameters to be used for the analysis of capacity and the level of service for signalized intersections. The parameters to be studied are ideal saturation flow rate, large vehicle's passenger car equivalent(PCE) and the lane utilization factors of through and left turn vehicles.

The field data were collected at six intersections in Seoul using video cameras so as to reflect operating characteristics of drivers and traffic flow under prevailing roadway and traffic conditions in urban areas.

In this study discharge headway based on a rear bumper of each vehicle was used and all the parameters were estimated using a regression technique.

The findings of this research are as follows :

1. The saturation headway and saturation flow rate on a single lane with the lane width of 3.1m are 1.652 seconds and 2,180 pcphgpl. It was found that the first 5 vehicles in the queue experience some start-up lost time.
 2. It was confirmed that the new method adopted for the estimate of large vehicle's PCE gives larger PCE values than those derived from the method commonly used.
 3. For the estimate of lane utilization factors of through and left turn vehicles, a relationship was established and the corresponding formulas were developed.
-

I. 序 論

1. 研究目的

美國을 비롯한 歐美의 先進帝國에서는 自國의 道路 및 交通與件에 따른 車輛通行 特性을 分析하고, 이를 토대로 合理的인 交通容量 算定基準을 開發하여 使用하고 있다(11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21). 그러나 우리나라에서는 이에 대한 研究가 미흡하여 道路 및 交通與件이 相異한 美國, 日本 등의 車輛運行 特性을 검증없이 運用하거나 부분수정하여 交通容量 算定基準으로 使用하여 왔기 때문에 街路의 計劃과 設計 및 運用이 合理的이었다고 할 수가 없다(1).

1980年代 들어 우리 與件에 따른 特性이나 基準에 관한 研究가 시작됐으나 大部分의 研究가 個人에 의한 것으로 研究目的이 基礎資料의 提供에 주어진 관계로 우리나라의 代表의 特性이나 基準으로 採擇하여 容量算定에 적용하기에는 미흡한 實情이다(2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). 최근에 建設部가 주관이 되어 '韓國型 道路容量便覽' 제정을 위한 研究(10)를 本格的으로 推進하게 된 점은 대단히 시기적절하고 뜻깊은 일이라 하지 않을 수 없다.

本 研究에서는 우리나라 車輛運行 特性을 導出하기 위한 基礎研究로서 平面信號 交叉路 容量算定을 위한 基準值 決定時 適用돼 오던 方法을 部分的으로 檢討하고 제한된 地域이지만 實測된 交叉路에서의 車輛運行 特性을 微視的으로 分析하여 容量算定の 基礎資料로서 삼을 수 있도록 함에 研究目的을 둔다.

2. 研究課題

平面信號交叉路의 交通容量 算定方法에 관한 研究는 美國의 1985년판 HCM(11), 英國의 Traffic Signal(15), 호주의 Road Capacity Guide(13), 스웨덴의 Capacity Manual(16), 캐나다의 Capacity Guide(17)등 各國別로 算定方法을 研究하여 使用하고 있으나, 그 基本은 飽和交通流率(saturation flow rate)과 이

에 영향을 미치는 道路 및 交通 여건에 따른 補正으로서 구하여 진다. 飽和交通流率에 영향을 미치는 要因을 條件別로 살펴보면 다음 <그림 1>과 같다.

條 件	要 因	備考
道 路 幾何構造	地域形態, 車線數, 車線幅, 勾配, 駐車條件, 專用 左 혹은 右廻轉 車線 有無, 待期 車線길이	
交 通	方向別 通過 交通量, 첨두시간 계수, 大型車 混入率, 橫斷步行者 數, 車線利用係數, 交叉路 停車 버스數, 駐車빈도, 交叉路 接近車輛의 到着 形態등	

[자료 : 1985년판 美國 HCM]

<그림 1> 飽和交通流率에 영향을 미치는 要因

本 研究에서는 飽和交通流率을 算定함에 있어 基本이 되는 2가지 問題 卽 '理想的 條件下에서의 飽和交通流率'(saturation flow rate under an ideal condition) 및 '大型車輛의 乘用車 換算係數' 決定問題와 交通信號燈의 綠色時間 決定時 必要한 '交叉路 流入車輛의 車線 利用率'에 관한 問題를 다루고자 하는데, 이를 具體的으로 說明하면 아래와 같다.

平面信號交叉路의 流入部(또는 車線그룹별) 飽和交通流率 算定은 理想的 飽和交通流率(以下에서는 '基本 飽和交通流率'이라 함)에 實際條件이 理想的 條件과 다른 경우에 그 差異를 要因別로 補正하므로써 구해진다. 理想的 飽和交通流率은 理想的 道路條件(卽 交叉路 주변이 平坦하고 車線幅이 12ft)下에서 通過車輛은 全部 乘用車로 構成되고 待期車輛行列이 계속되는 상태에서 綠色信號가 한시간내내 주어질 때 통과가능한 最大車輛數로 定義되는데, 車體길이나 車輛性能 및 運轉者의 運行條件 外에도 地域的, 季節的 要因에도 영향을 받으며, 이에 관한 研究는 交叉路 容量算定の 基本이 되는 것이다.

한편 交通流에 大型車가 混入되면 交叉路의

飽和交通流率(飽和交通流率)이 減少되는데, 그 이유는 大型車가 乘用車에 比해서 車體가 길고 加速能力이 떨어질 뿐만 아니라 先行車가 大型車일 경우 뒤의 運轉者들은 大型車와는 거리를 두려는 경향이 있기 때문이다. 大型車 混入에 의한 補正係數는 交通流의 大型車 混入率과 大型車로 인해서 대체된 乘用車의 數, 即 '大型車의 乘用車 換算係數' (large vehicle's passenger car equivalent(PCE))로 定해진다.

우리나라 大都市처럼 버스나 트럭등 大型車의 混入이 많고 大型車를 街路의 特定 車線에 限定해서 運行토록 하고 過積車輛이 많은 경우 PCE는 交叉路 容量算定에 決定的 要素로 作用하게 되므로 이에 關한 研究는 시급한 상황이다.

끝으로 交叉路에 進入하는 車輛이 左廻轉 또는 直進하는 경우 해당 車線이 2車線以上이면 車線別로 交通量 配分이 일어나는데 그 分布比率를 알아야 이를 토대로 方向別 綠色時間을 合理的으로 配定할 수 있게 된다. 이를 車線利用係數(lane utilization factor)決定問題라 하는데 交通信號를 設計할때 이에 關한 研究調査가 이루어져 있어야 한다.

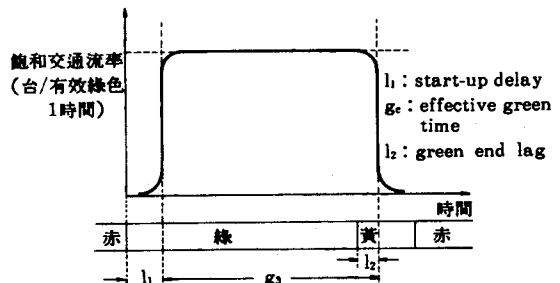
3. 研究內容 및 關聯文獻에 關한 考察

1) 基本 飽和交通流率

交叉路 流入部에서 赤信號에서 停止하고 있던 차량은 綠色信號가 되면 통상 약간의 지체 후 출발하게 되는데 이를 信號初期의 損失時間(initial lost time or start-up delay)이라고 하며 통과하는 차의 數가 증가하면서 이러한 손실은 없어지고 일정한 車頭間隔으로 停止線을 通過하게 된다. 이런 現象을 圖示한 것이 <그림 2>이다.

이와같이 거의 一定한 比率로 通過하는 交通量을 飽和交通流率이라고 하며 단위는 (台/有效綠色 1時間)으로 표시한다. 또한 理想的 道路 및 交通條件에서의 基本 飽和交通流率은 (台/有效綠色 1時間/車線)으로 表示한다. 基本 飽和交通流率을 구할 때 우선 고려해야 할

점은 綠色時間 초기에 나타나는 손실시간이 언제 없어지는가 하는 점으로, 待期中인 行列의 몇번째 車輛부터 一定한 車頭間隔으로 停止線을 通過하는나 하는 問題이다. 即 이때부터 交通流가 飽和交通流를 이룬 것으로 보는데 이에 關한 研究結果를 살펴보면, Green-shields et al(18)은 5번째 車輛이후부터 車頭間隔이 一定해지는 것으로 報告하였고, Capelle 과 pinnell(19)은 2번째 待期 車輛이후부터 나타나는 것으로 보고한 바 있으나, 最近의 資料인 1985년 美國 HCM(11)에서는 6번째부터 一定한 車頭間隔을 갖는 것으로 定해 놓고 있다. 우리나라의 경우 아직 이 問題에 關한 研究報告가 없는 상태로 本 研究에서 이 問題도 다루어진다.



<그림 2> 基本飽和 交通流率 概念

다음은 基本 飽和交通流率을 구하는 方法에 關한 것인데 다음의 두가지 方法이 있다. 첫 번째 方法이 車頭時間(headway method) 方法으로 위에서 설명한 바와 같이 乘用車만으로 이루어지는 飽和交通流의 平均車頭間隔(單位: 秒/台)를 求한 후 이를 한시간에 대한 車輛台數로 換算해 주면 基本 飽和交通流率이 얻어진다. 大部分의 研究가 이 方法을 擇하여 이루어졌다. 두번째 方法은 回歸分析方法으로 分析資料의 測定이 용이하고 동시에 大型車의 乘用車 換算係數도 推定할 수 있는 利點이 있다. 이 方法은 飽和交通流를 이루는 時間을 測定하고 上記 時間동안 停止線을 通

過한 交通量과 乘用車가 아닌 車種의 通過台數를 觀測하여 이를 回歸分析함으로써 基本飽和交通流率을 求하게 된다. 이 方法을 적용하여 基本飽和交通流率을 구한 研究結果도 있다(20, 13, 3, 7). 五益秀(5)의 研究結果에 의하면 上記 두 方法으로 구한 基本飽和交通流率이 差異가 없는 것으로 되어 있으나, 前者의 方法이 本 研究者의 견해로는 보다 正確한 값을 제시해 줄 수 있다고 판단된다.

本 研究에서는 前者 即 ‘車頭間隔’方法을 適用하여 基本飽和交通流率을 求하기로 한다.

이 외에도 基本飽和交通流率을 求하는데 고려해야 할 要因들이 있다. 우선 美國 HCM (11)에서 적용한 바와 같이 車線幅에 관한 영향이다. 앞서서도 밝힌 바와 같이 美國 HCM 에서는 理想的 車線幅이 12ft일 때를 基準으로 幅이 넓고 좁음이 飽和交通流率에 미치는 영향을 다음 <表 1>과 같이 計量化하였다.

<表 1> 車線幅에 따른 補正係數

車線幅(ft)	8	9	10	11	12	13	14	15	16
補正係數	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.03	1.07	1.10	1.12

資料：美國 HCM(1985)

그러나 本 研究에서는 車線幅에 관한 補正係數를 求하기 위한 노력은 하지 않았다. 왜냐하면 車線幅이 大部分 規格化되어 있어 變動幅이 별로 없기 때문이다.

2) 大型車의 乘用車 換算係數

美國의 1965 HCM(23)에 “乘用車 換算係數(PCE)”가 소개된 이래 이에 관한 많은 研究가 있었다. 乘用車 換算係數는 乘用車를 1.0으로 하였을 때 주어진 道路 交通與件下에서 버스나 트럭에 의해서 代替된 乘用車의 數로 나타내게 된다.

PCE에 關한 研究結果를 살펴보자. Webster와 Cobbe(15)는 中型 및 大型 貨物車가 直進하는 경우의 PCE값을 1.75, 버스의 PCE는 2.25로 정했고, Miller(14)는 최초의 트럭의 PCE를 計量的 形態로 표현하였고 (트럭의

PCE는 1.85로 봄), Carstens(24)도 車頭時間間隔方法을 使用하였는데 타이어수가 넷보다 많은 車輛을 트럭으로 정하여 PCE를 구하였다(PCE값은 1.63). PCE에 대해서 폭넓게 調査·報告된 Saturation Flow Manual(21)은 小型 및 中型 트럭의 PCE가 1.25(또는 1.5), 大型트럭 및 세미트레일러의 PCE가 2.50(또는 3.5) 그리고 버스는 1.75로 소개하고 있다.

國內에서도 大型車의 乘用車 換算係數에 關한 研究가 있었다. 吳益秀(5)는 飽和交通流中에 포함된 大型車의 영향을 구하기 위하여 大型車의 混入率에 따른 車種間의 車頭時間間隔의 構成, 即 乘用車-乘用車, 乘用車-大型車, 大型車-乘用車, 大型車-大型車로 構成되는 車頭時間間隔을 觀測하여 大型車의 混入率에 따른 PCE값을 구하였고, 아울러 回歸分析 方法에 의한 값도 구하여 두방식의 결과를 비교하였으며, 대구시의 버스와 트럭의 代表的 PCE값으로 1.9를 제시하였다. 吳世炫(7)도 車輛群을 乘用車만으로 구성된 群, 大型車만으로 구성된 群, 乘用車속에 大型車 2대가 연속으로 진행되는 경우 그리고 大型車가 1대씩 만 승용차와 섞여 진행되는 경우로 區分하여 調査된 資料를 回歸分析에 의한 方法과 車頭間隔에 의한 PCE값을 각각 구하였는데, 그 값이 1.77~1.92로 나타났고, 서울의 버스 및 트럭의 代表的 PCE값으로 1.85를 제시하였다.

지금까지 소개한 研究들을 보면, 大型車의 PCE값을 구함에 있어 大型車와 바로 前·後 車輛과의 關係를 車輛距離 또는 間隔으로 測定比較함으로써 PCE값을 提示했으며, 이러한 방법은 지금까지 PCE를 決定하는 通常的인 方法으로 받아들여져 왔다. 그러나 上記 方法은 結果적으로 大型車가 飽和交通流에 미치는 영향이 實際보다 작은 것으로 結論을 誤導할 수 있다는 問題點을 안고 있다. 왜냐하면 乘用車에 比해서 車體가 길고 運轉性能 특히 加速性能이 낮은 大型車가 交叉路에 待期하고 있다가 出發할 경우 이 大型車가 미치는 영향은 바로 뒤의 車輛만이 아니라 그 以後의 車

輛에도 미치게 되며, 이러한 영향은 待期中인 車輛行列내의 大型車 위치에 따라 달라질 수도 있기 때문이다. 예를들면 대기행렬의 첫 번째 차량이 대형차이고 나머지는 모두 乘用車일 경우 大型車가 出發해서 一定速度로 加速될 때까지는 뒤의 乘用車들은 加速이 制限된 상태에서 交叉路의 停止線을 통과하게 된다. 그러나 待期中인 大型車의 位置가 뒤에 있을수록 大型車가 出發해서 交叉路의 停止線을 通過할 때는 大型車 速度가 加速되어 있으므로 뒤를 따르는 乘用車들은 相對的으로 높은 加速도로 停止線을 通過할 수 있게 된다. 이러한 點에 着眼하여 PCE 값을 새로운 方式으로 求하고자 한 研究가 最近에 Molina Jr. et al.(25)에 依하여 發表되었다. 이 方式에 의해서 大型車의 PCE값을 구할 경우 既存의 方法으로 求한 값보다 PCE값이 다소 커질 가능성이 높아지게 된다.

따라서 本 研究에서는 大型車의 PCE算定方法으로 위에서 說明한 새로운 方式을 사용코자 한다. 또한 大型車를 하나로 묶어 PCE값을 구할 경우 이렇게 구한 PCE값의 代表性이 문제가 될 수 있으므로 本 研究에서는 大型車의 車體길이와 性能을 고려하여 大型車를 버스大와 버스小, 그리고 트럭大와 트럭小로 區分하여 PCE값을 求하고자 한다.

3) 交叉路 流入車輛의 車線利用係數

交叉路에 流入되는 車輛은 左廻轉 車線 또는 直進車線이 2車線 以上일 경우 車線을 選擇하게 된다. 따라서 各 車線의 利用率이 달라지게 되는데, Saturation Flow Manual(21)에서도 지적한 바와 같이 運轉者들은 다음 事項을 고려한 후에 車線을 選擇하는 경향이 있다. 卽,

- 회망하는 經路
- 各 車線의 待期行列의 길이
- 運轉者가 느끼는 車線別 追加지체에 대한 確率

美國의 1985 HCM(11)에서는 2車線의 경우

流入車輛의 52.5%가 어느 한쪽 車線을 利用하고 나머지 車線을 47.5%가 利用하는 것으로 보고 있고, 3車線 以上の 경우 가장 많이 利用되는 車線이 流入車輛의 36.7%를 차지하는 것으로 되어 있다. 이에 관한 우리나라의 研究結果는 없으므로 이 問題를 本 研究의 대상으로 삼는다.

II. 資料調查

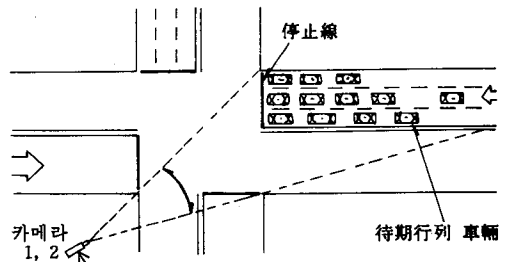
1. 調查地點의 選定

調查地點의 選定은 調查目的 및 方法에 따라 分析對象이 具備해야 할 條件을 고려하여 이루어지는데, 여러가지 制約을 고려하여 地點을 選定한 結果 總17個地點中 서울市 江南地域의 4個 交叉路와 其他 地域의 3個 交叉路 總 7個 交叉路를 調查하였으며 그중 1개 地點을 제외한 調查地點의 現況은 <表 2>와 같다.

2. 調查內容 및 方法

對象交叉路의 交通流에 對한 觀測은 自動測定裝置를 利用하거나 寫眞촬영방법 등이 있는데, 本 研究에서는 連續的 觀測과 各 車種의 走行狀況을 微視的으로 分析時 有利한 Video Camera에 의한 촬영방법을 擇하였다.

調查에는 同一한 기능을 갖는 2臺의 Video Camera가 動員되었으며, 調查地域의 촬영을 위한 카메라 設置位置로는 적어도 7層 以上の 建物이나 이에 상응하는 높이의 지형지물이 必要하였다. 실제 촬영은 <그림 3>과 같이 이루어졌다.



<그림 3> 交叉路 및 交通現象 촬영圖

<表 2> 調查地點 街路現況

	交叉路位置		流入方向	車線數		調查日時
	行政區域	街路名		左廻轉	直進	
1	江南區	江南大路	南側	2	3	1988.11.24 14:00-15:30
		테헤란路	東側, 西側	2	3	1988.11.14 13:30-16:00
2	"	江南大路	南側	2	3	1988.11.25 15:30-16:30
		光成빌딩앞길	東側	1	1	1988.11.25 15:30-16:30
3	"	永東大路	南側, 北側	2	5	1988.12. 1 13:30-16:00
		테헤란路	東側, 西側	2	3	1988.12. 2 13:30-16:00
4	"	테헤란路	西側	1	3	1988.12. 8 14:30-5:30
		강남경찰서앞길	東側	0	4	
5	永登浦區	시흥대로 구로공단입구	南側	1	4	1988.12. 9 15:30-16:00
6	城東區	왕십리길 도로교통안전협회	北側	1	3	1988.12.15 16:00-17:00

III. 資料分析 및 結果

1. 車種分類

本 研究에서 다루게 될 車種別 PCE값을 推定하기 위하여 우리나라에서 生産되는 車輛을 本 研究의 特性에 적합한 기준을 정하여 分類하였다.

현재 生産되고 있는 車輛은 乘用車에서 特殊車에 이르기까지 多様하다. 이들 車輛을 여러가지로 分類할 수 있겠으나 本 研究에서는 첫째 車體길이, 둘째 車輛運行性能의 하나의 指標가 될 수 있는 車輛總重量/最大出力의 比를 基準으로 定하여 모든 車輛을 小型車와 大型車로 大別하고 大型車는 다시 버스와 트럭으로 區分하고, 버스와 트럭은 각각 소형 및 대형으로 細分하여 資料分析에 임하였다.

<表 3>은 위의 基準에 따른 車種分類結果인데, 乘用車와 트럭을 比較해 볼때, 車體길이의 差異보다는 總重量/最大出力의 比의 差異가 훨씬 큼을 알 수 있다. 이는 승용차의 加速能力이 트럭에 比하여 좋음을 간접적으로 나타내주는 한 예이다. 實際 運行에 따른 加速

能力을 比較하려면 트럭의 경우 貨物을 실은 程度와 車輛性能 및 運轉者의 運轉習慣 등을 調査하여야 하나, 이는 本 研究의 범위를 넘는 문제로서 次後의 研究課題로 남긴다.

2) 研究課題別 資料 整理

Video Camera로 촬영한 Tape를 실내에서 Video Monitor에 再現시켜 畫面으로부터 各 交叉路 流入部別, 車線別 信號週期別로 資料를 集計하였다.

基本 飽和交通流率 및 大型車의 PCE推定을 위한 資料 集計는 週期的으로 交叉路流入부에 일단 도착하여 대기행렬을 이룬 후 停止線을 通過하는 車輛, 즉 飽和交通流를 對象으로 하였으며, 周期마다 綠色信號 始作을 基準으로 하여 車線別로 待期중인 첫車輛부터 待期行列의 마지막 車輛의 뒷범퍼가 停止線을 通過하는 時間을 Personal Computer(PC)에 내장된 時計로 車種別로 區分하여 測定하였다.

標本 飽和交通流率 推定을 위한 標本資料는 各 流入部別로 直進車線中 乘用車가 主로 利用하는 車線을 video畫面에서 확인하여 周期

마다 待期中인 乘用車의 通過時間을 待期位置別로 測定하였는데, 集計過程에서 승용차 이외의 車輛이 混入된 경우는 標本에서 除外하였다. 이에 대한 標本資料의 集計現況은 <表 4>와 같다.

그리고 大型車의 乘用車 換算係數 推定을 위한 標本資料의 集計는 乘用車의 경우와 同一한 方法으로 이루어졌으나, 다만 車線別로 待期行列內에 해당 車種(버스 小 및 大, 트럭

小 및 大)의 車輛이 待期位置別로 한대씩 있는 경우만을 標本으로 삼았다(<表 5> 參照). 따라서 待期行列內에 2台 以上의 大型車가 있는 경우는 標本에서 除外하였는데, 이러한 資料의 制約條件으로 인하여 大型車의 車種別 待期位置別 標本數가 制限을 받게 되었다.

위와 같이 待期行列內 大型車輛의 數를 1台로 制限하여 標本을 추출하게 된 背景은 다음 節에서 言及토록 한다.

<表 3> 車種 分類 基準

區 分	小 型 車 乘 用 車	大 型 車			
		버 스		트 럭	
		小	大	小	大
形 態	一般乘用車 營業用택시 지프 픽-업	봉고 9人乘~ 콤비 25人乘	市內버스 觀光버스 市外버스	봉고 1Ton~ 8Ton 미만의 카고트럭	8Ton이상의 카고트럭, 덤프, 트레일러 및 특수차
全 長 (m)	4~5	4~6.2	10~12	4.4~6.5	6.5~13
總重量 最大出力 (kg/Hp)	12~18	-	-	35~70	70~85

資料 : 1985 交通年鑑 및 自動車 4社 代理店

<表 4> 基本 飽和交通流率 標本 集計

調 查 數	總對象車輛數 (승용차, 台)	周 期 當 對 象 車 輛 數		
		最 大	最 小	平 均
131	2,518	20	8	17

<表 5> 大型車의 PCE 推定 標本資料集計

車種 待期位置	該當車輛의 待期行列內 位置別 調査數									計
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
버 스 小	15	13	9	7	9	6	3	1	-	63
大	7	10	1	3	1	4	1	1	-	28
트 럭 小	12	8	6	6	10	2	5	2	1	52
大	6	2	1	2	1	3	3	-	-	18

한편 直進 및 左廻轉車輛의 車線利用係數 推定을 위한 자료의 集計는 各 交叉路 流入部 別로 直進 및 左廻轉 車線數가 2車線 以上인

경우에 限하여 車線別 通過交通量을 信號周期 別로 集計함으로써 이루어졌다(<表 6> 참조).

<表 6> 直進 및 左廻轉 車線利用係數 標本資料 集計

區分	交叉路位置	調查信號週期數				
		左廻轉車線數		直進車線數		
		1	2	2	3	4
1	테헤란路東側	-	52	-	54	-
	" 西側	-	16	16	-	-
	江南大路南側	-	41	-	43	-
2	江南大路南側	-	22	-	22	-
	광성빌딩앞길東側	-	-	-	-	-
3	테헤란路東側	-	35	-	35	-
	" 西側	-	38	-	39	-
	永東大路	-	-	-	-	-
4	테헤란路東側	-	-	-	-	15
	" 西側	8	-	-	8	-
	江南경찰서앞길	-	-	-	-	-
5	시흥대로南側	6	-	-	54	6
	구로공단입구	-	-	-	-	-
6	왕십리길北側	26	-	-	24	-
	道路交通安全協會길	-	16	16	-	-
	計	40	204	16	225	21

3. 基本飽和交通流率 推定

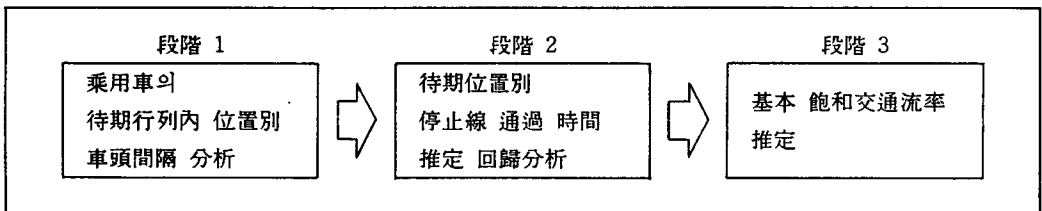
1) 分析節次 및 方法

基本飽和交通流率 推定을 위한 분석은 앞서 集計된 資料, 卽 乘用車로만 構成된 待期行列에 대한 位置別 停止線 通過時間을 乘用車의 通過順序別 車頭間隔으로 整理하여 이를 土臺로 이루어졌다. 本 研究에서 使用한 分析節次를 段階로 表示하면 <그림 4>와 같다.

1段階作業인 乘用車의 待期行列內 位置別 車頭間隔의 決定은 週期別 待期位置別로 集計

된 資料를 待期位置別로 平均値를 擇함으로써 이루어졌다. 이를 求하는 過程에서 가장 긴 待期行列은 20台까지나 15台까지의 資料만 使用하였다.

위와 같이 待期位置別로 求한 車頭間隔 平均値와 이를 累計한 資料, 卽 待期位置別로 車輛의 綠色信號가 始作된 時間부터 해당 車輛의 뒷 범퍼가 停止線을 通過할 때까지의 平均 所要時間은 다음 <表 7>과 같다.



<그림 4> 基本飽和交通流率 推定 分析 節次

〈表 7〉 乘用車의 待期位置別 平均 車頭間隔 및 累計值

乘用車 待期位置	平均車頭間隔 (秒)	停止線通過 所要時間 (秒)
1	3.19	3.19
2	2.11	5.30
3	1.91	7.21
4	1.86	9.08
5	1.80	10.88
6	1.69	12.56
7	1.67	14.21
8	1.69	15.93
9	1.67	17.60
10	1.65	19.25
11	1.73	20.98
12	1.63	22.62
13	1.58	24.20
14	1.55	25.75
15	1.57	27.32

2) 分析 結果

위의 資料에서 基本 飽和交通流率 推定 및 大型車의 PCE값 算定時 基準으로 삼기 위하여 待期 位置別 停止線 通過 所要時間에 關하여 回歸分析을 實施하였으며 구체적 내용은 아래와 같다.

〈그림 5〉는 待期 位置別 乘用車의 平均 車頭間隔과 停止線 通過 所要時間 및 이들에 關한 回歸分析에 의한 方程式 結果를 보이고 있다.

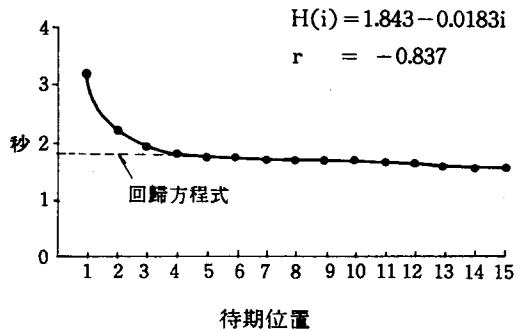
우선 〈그림 5(a)〉를 보면 平均車頭間隔이 첫 번째 待期位置부터 5번째까지는 급격히 減少하다가 5번째 以後부터는 거의 一定하고 아주 완만하게 減少하고 있다. 따라서 처음의 曲線部分을 除外한 상태에서 線型 回歸分析을 實施한 결과, 5번째 入力資料부터 使用時 가장 좋은 相關係數($r = -0.837$)를 얻었으며 그 結果는 다음과 같다.

$$H(i) = 1.843 - 0.0183i \quad (3.1)$$

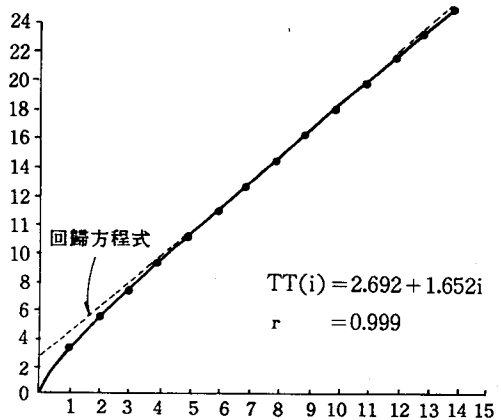
여기서 $H(i)$ = 待期位置 i 에 있는 乘用車의 平均 車頭間隔(秒)

위의 式(3.1)은 待期位置가 뒤로 갈수록 平均車頭間隔이 一定한 값에 수렴하는 대신 계속 줄어들고 있음을 보이고 있다. 바꿔 말하면 待期行列의 數가 늘어날수록 基本飽和交通流率이 增加함을 의미한다.

(a) 待期位置別 乘用車平均 車頭間隔



(b) 待期位置別 停止線 通過 所要時間

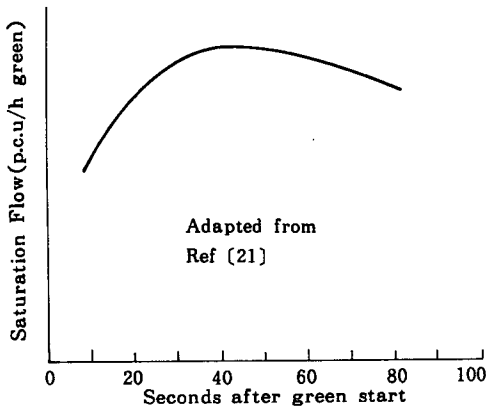


〈그림 5〉 乘用車 待期位置別 車頭間隔 및 所要時間 回歸分析

이 結果는 美國 HCM(11)의 것과는 다른 面을 보여주는 것으로 주목할 만한 結果이다.

그러나 이와 비슷한 研究結果가 報告된 참고 문헌(21)이 있다. 이 문헌에 의하면 <그림 6>에서와 같이 基本 飽和交通流率이 綠色信號始作後의 時間이 경과할 수록 (即 待期行列이 길수록) 커지다가 40秒 以後에 점차로 줄어드는 結果를 보이고 있다.

本 研究에서는 最大 待期行列의 長이가 20 台까지 밖에 관측되어 있지 못하므로 이에 關한 比較는 이루어지지 못하였으며, 이는 次後의 研究課題로 남는다.



<그림 6> 캐나다 앨버타주 基本飽和流率 累計變化

다음에 <그림 5(b)>를 보자. <그림 5(b)>는 乘用車가 待期位置에서 綠色信號이후 停止線 通過時까지의 所要時間을 나타내는 것으로 5 번째 位置까지는 所要時間이 급격히 늘어나다 그 이후부터는 一定한 크기로 증가한다. 그러나 12번째부터 所要時間 增加가 減少하는 現象을 보이고 있다. 따라서 乘用車의 待期 位置別 停止線 通過 所要時間을 推定하는 式을 구하기에 앞서 1.3節에서 밝힌 바와 같이 (i) '待期했다가 出發한 車輛이 어느 位置부터 一定한 車頭間隔으로 通過하며', (ii) '이 때 그 車頭間隔은 얼마안가'를 먼저 파악해야 한다. 이를 위하여 처음의 曲線部分은 除外하고 線型回歸分析을 實施한 結果 5번째 所要 時間부터 入力한 結果가 가장 좋은 相關係數

($r=0.999$)를 얻었는바 그 結果는 다음과 같다.

$$TT(i) = 2.692 + 1.652i \quad (3.2)$$

여기서 $TT(i)$ =待期位置 i 에 있는 乘用車의 第 i 번째가 停止線을 通過하는데 所要되는 時間(秒)

위의 式 (3.2)로부터 위에서 언급한 2가지 문제에 대한 結果를 導出하게 된다.

첫번째가 待期行列의 第 i 번째 車輛부터 綠色信號 初期의 損失時間이 없어지는가 하는 問題에 對한 解答이다. 本 式이 나오게 된 背景을 살펴보면 5번째 車輛이 停止線을 通過할 때부터 損失시간이 零이 되므로 6번째 車輛부터 飽和交通流를 이룬다고 할 수 있다. 이 結果는 1985 HCM(11)의 說明과 一致하고 있는 바, 이에 關하여는 우리나라 運轉者의 習慣이 美國의 경우와 차이가 없음을 보여준다. 두번째가 바로 基本飽和交通流率에 關한 것이다. 즉 式(3.2)의 기울기를 나타내는 상수부분 1.652로부터 基本포화교통류율을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{基本飽和交通流率} &= \frac{3600}{\text{飽和交通流率의 車頭間隔}} \\ &= \frac{3600}{1.652} \\ &= 2,179 \text{ 台/有效綠色1時間/車線} \end{aligned}$$

위의 結果로부터 本 研究에서는 車線幅 3.1 m에서의 基本 飽和交通流率로 2,180台를 提案하고자 한다. 다만 여기서 車線幅에 關한 調整係數의 檢討가 이루어지지 않았음을 밝혀 둔다. 참고로 1985 HCM의 車線幅에 關한 調整係數를 수정없이 適用해 본다면, 車線幅 3.6m일 경우 基本 飽和交通流率은 2,310台임을 보인다. 信號 交叉路에서의 基本 飽和交通流率에 關한 外國의 研究結果는 Stokes(26)의 論文에 잘 要約되어 있으며 이를 國內의 研究結果를 包含하여 整理하면 다음 <表 8>과 같다.

乘用車의 待期位置別 停止線通過 所要時間 推定式은 大型車의 乘用車換算係數 推定時의 基準이 되므로 <그림 5(b)>의 처음 曲線部分과 12번째 通過車輛 이후의 變化等이 反映된 것 이어야 한다. 식(3.2)는 이러한 目的에는 적 합치 못하므로 本 研究에서는 2次 多項式(2nd-order Polynomial)을 基本形으로 하는 式을 多項回歸法(polynomial regression)으로 구 하고자 하였다. 이를 위하여 使用된 통계프 로그램은 SAS 統計 패키지이며, <表 7>을 入 力資料로 한 推定 結果는 아래와 같다.

$$TT(i) = 1.457 + 1.931i - 0.014i^2 \quad (3.3)$$

여기서 $TT(i)$ = 待期位置 i 에 있는 乘用車의 뒷 범퍼가 停止線을 通過하는데 소요되는 시 간(秒)

<表 8> 信號交叉路의 直進車線의 基本 飽和 交通流率

區分	資料源 및 條件	基本飽和交通流率
外 國	Greenshields et al 單 車 線	1,714 pcphgpl
	Capelle and Finneil 單 車 線	1,714 pcphgpl
	1965 HCM 單 車 線	1,500-2,000 vphgpl
	Webster and Cobbe 10ft	1,850 pcphg
	12ft	1,900 pcphg
	Branston and Van Zuyen 單 車 線	1,750 pcphgpl
	Branston 9.8ft	1,757 pcphgpl
	10.8ft	1,767 pcphgpl
	11.8ft	1,771 pcphgpl
	1965 HCM 單 車 線	1,800 pcphgpl
國 內	Canada Capacity Manual 日 本	1,550 pcphgpl 1,800 pcphgpl
	吳 益 秀 道路構造令	2,250 pcphgpl 1,800 pcphgpl
	本 研究結果(3.1m)	2,180 pcphgpl

식(3.3)은 R^2 값이 0.9998로 待期位置別 所要 時間을 精確히 예측해 주고 있다.

4. 大型車의 乘用車 換算係數 推定

1) 乘用車 換算係數 算定方法

가. 基本模型

大型車의 乘用車 換算係數 推定에 使用된 模型은 이미 밝힌바와 같이 Molina Jr. et al (25)이 提示한 것으로 模型開發課程을 간략히 소개하면 다음과 같다.

모든 飽和交通流에 대하여 각 車輛이 交叉 路의 停止線을 通過할 때의 車頭時間間隔(여 기서는 車輛의 뒷범퍼 通過基準) 資料를 集計 하여 車種別로 이를 回歸分析한 結果로부터 PCE값은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$PCE_i = h_i/h_b \quad (3.4)$$

여기서,

PCE_i = 車種 i 의 PCE값

h_i = 對象車種 i 의 車頭間隔

h_b = 乘用車의 飽和交通流에서의 車頭間隔

式 (3.4)로부터 大型車의 PCE값은

$$PCE_i = h_i/h_b \quad (3.5)$$

여기서

h_i = 大型車의 車頭間隔

式 (3.5)는 乘用車와 對比된 大型車의 運行 特性과 車體길이의 效果를 反映하고 있다. 그러나 이 式은 大型車의 낮은 加速性能으로 因하여 大型車 다음에 위치한 乘用車들의 지 체效果는 反映하지 못하고 있다. 이러한 지 체효과를 大型車의 速度가 正常的인 交通流速度에 到達하면 없어지게 된다.

이러한 지체효과를 待期行列의 첫번째가 大 型車인 경우에 대하여 표현하면 다음과 같다.

$$\Delta H = \sum_{n=2} \Delta h_n \quad (3.6)$$

여기서

ΔH = 大型車로 인한 待期中인 車輛의 총지체

n = 大型車 이후의 待期行列内の 乘用車 位置

i = 大型車로 영향을 받는 마지막 乘用車 位置

Δh = 大型車로 인한 乘用車別 지체 증가분

大型車로 인한 지체증가분의 효과를 大型車의 PCE 값에 反映하기 위하여 式(3.6)을 式(3.5)에 代入하면,

$$PCE_i = (h_i + \Delta H)/h_b \quad (3.7)$$

그런데 ΔH 를 直接 測定할 수 있는 方法은 現在로서는 없으며, ΔH 값을 決定하기 위하여는 大型車 다음에 위치한 乘用車들의 車頭間隔 增加분과 이러한 영향을 받은 승용차의 수를 알 수 있어야 한다. 이를 위하여 待期行列에 大型車가 있는 경우에 各 乘用車들의 位置別 總通行時間(即, 停止線通過 所要時間)을 測定하고, 이를 乘用車만으로 構成된 待期行列의 값과 比較하는 方案이 고안된다.

i 번째 乘用車 다음의 乘用車부터는 앞서 언급한 大型車로 인한 지체(即 Δh)가 없으므로, 大型車가 待期行列의 첫번째에 位置한 경우 i 번째 乘用車의 總通行時間은 다음과 같다.

$$TT_{i, b_i} = L_i + h_i + \sum_{n=2}^i h_{bn} + \sum_{n=2}^i \Delta h_n \quad (3.8)$$

여기서

TT = 綠色信號時間 始作부터 測定한 總通行時間(뒷범퍼기준)

t_i = 待期行列의 첫번째가 大型車임을 표시

b_i = 待期行列의 i 번째 乘用車임을 표시

L_i = 大型車가 있는 待期行列의 信號損失時間

식(3.8)을 乘用車만으로 構成된 경우에 적용하면,

$$TT_{b_i, b_i} = L_b + \sum_{n=1}^i h_{bn} \quad (3.9)$$

b_i = 待期行列의 첫번째 車가 乘用車임을 표시

L_b = 乘用車만으로 構成된 待期行列의 信號損失時間

式(3.8)과 (3.9)에는 大型車 및 乘用車의 信號 損失時間이 各各 明示되어 있는데, 이를 두 車種間의 運行特性 差異로 인한 것으로 볼 때 다음과 같이 재정의 할 수 있다.

$$L_i = L_b + h_a \quad (3.10)$$

여기서

h_a = 待期行列內에 大型車가 있으므로 인한 損失時間 增加分

위의 h_a 는 大型車의 지체효과와 한 부분으로 사료될 수 있으므로 이를 式(3.6)에 포함시키면,

$$\Delta H = \sum_{n=2}^i \Delta h_n + h_a \quad (3.11)$$

式(3.10)과 (3.11)을 式(3.8)에 代入하면,

$$TT_{i, b_i} = L_b + h_i + \sum_{n=2}^i h_{bn} + \Delta H \quad (3.12)$$

式(3.9)를 다시 쓰면,

$$TT_{b_i, b_i} = L_b + h_b + \sum_{n=2}^i h_{bn} \quad (3.13)$$

式(3.13)을 式(3.12)에 代入후 ΔH 에 對하여 整理하면,

$$\Delta H = TT_{i, b_i} - TT_{b_i, b_i} + h_b - h_i \quad (3.14)$$

式(3.14)을 式(3.7)에 代入하여 整理하면

$$PCE_i = \{(TT_{i, b_i} - TT_{b_i, b_i})/h_b\} + 1 \quad (3.15)$$

式(3.15)의 結果로부터 大型車의 PCE는 大型車로 因하여 영향을 받은 i 번째 乘用車의

總通行時間과 乘用車만으로 構成된 待期行列의 i 번째 乘用車의 總通行時間과의 差異에 의하여 決定됨을 알 수 있다.

大型車가 待期行列內的 임의의 位置에 있는 경우에 대한 PCE값은 式(3.15)를 다음과 같이 수정하여 決定할 수 있다.

$$PCE_k = [(TT_{j,k,bi} - TT_{bi,bi})/h_b] + 1 \quad (3.16)$$

여기서

j = 大型車의 種類

k = 待期行列에서의 大型車의 位置

나) 適用方法

式(3.16)의 構成 要素 가운데 h_b 와 $TT_{bi, bi}$ 값은 3.3절에서 구한 飽和交通流에서의 車頭

間隔 및 式(3.3)을 적용하면 된다. 卽,

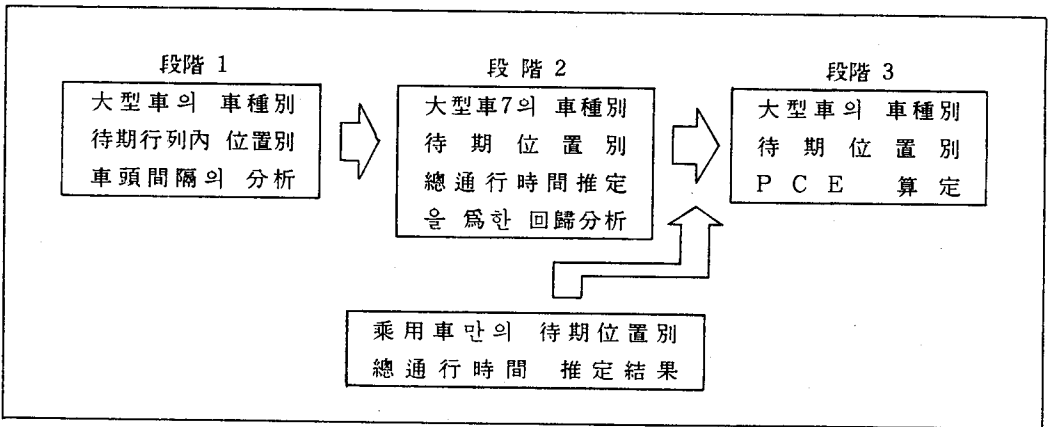
$$h_b = 1.652 \text{秒/台}$$

$$TT_{bi, bi} = TT(i) = 1.457 + 1.93 i - 0.014 i^2$$

따라서 車種別 待期位置別 PCE값은 式(3.16)의 $TT_{j,k, bi}$ 값을 車種別 待期位置別로 구하면 算定할 수 있다.

2) 分析節次 및 方法

大型車의 乘用車 換算係數 推定을 위한 分析은 앞의 3.2節에서 밝힌 바와 같이 交叉路의 流入部別로 觀測된 video tape를 室內 monitor상에서 再現하여 集計된 資料를 土壤로 다음 <그림 7>과 같은 節次를 거쳐 이루어졌다.



<그림 7> 大型車의 乘用車 換算係數 推定節次

'1段階'作業은 大型車의 車種別 및 待期行列內的 位置別로 觀測된 車頭時間間隔值들을 待期位置別로 平均함으로써 끝나게 된다. 이때 신뢰도가 높은 平均值를 求하기 위하여 必要로 하는 標本數를 事前에 決定하여 이에 맞추어 調査量을 定하여야 하나, 本 研究에서는 여러가지 制約上 最少 5回 以上の 標本을 얻도록 하였다. 그럼에도 불구하고 集計된 資

料를 보면 버스소의 경우 待期位置 1에서 6가지, 버스대는 待期位置 1, 2, 트럭소는 待期位置 1~5 및 7, 트럭대는 待期位置 1의 경우만 위의 條件을 만족하고 있을 뿐이다. 이러한 結果는 調査 期間이 充分하지 못한 점보다는 待期行列內 大型車가 하나씩만 있는 경우를 研究 對象으로 삼았기 때문이라고 볼 수 있다. 그러므로 필요한 경우에 限하여 3以上の 標本

을 취한 경우도 있으며, 따라서 本研究의 結果는 PCE의 車種別 代表值로서 보다는 새로운 接近方式을 적용시에 얻어질 수 있는 PCE의 傾向을 파악하는데 重點을 두기로 하였다.

'2段階' 作業은 '1段階'에서 얻은 資料(大型車의 車種別 및 待期行列內의 大型車 位置別 各車輛의 總通行時間)를 待期中인 車輛의 順序別로 入力하여 大型車 位置別로 回歸分析을 實施하여 總通行時間을 推定하는 回歸方程式($TT_{j,k,i}$)을 求하는 일이다. 이 作業은 앞서의 乘用車만의 경우와 같이 SAS 統計 패키지를 利用하여 2次 多項式(2nd-order-Polynomial)을 基本形으로 하여 回歸分析을 하였다. 참고로 大型車의 車種別로 待期行列內의 大型車의 位置가 첫번째인 경우 總通行時間에 관한 回歸分析 結果를 소개하면 다음 <表 9>와 같다.

<表 9> 待期位置別 總通行時間 推定 (大型車가 位置1에 있는 경우)

車 種	總通行時間 推定式	R ²
버스(小)	$TT_{0,1b} = 1.426 + 2.032i - 0.0918i^2$	0.9999
" (大)	$" = 4.437 + 1.890i - 0.0136i_2$	0.9999
트럭(小)	$" = 3.010 + 1.770i - 0.0058i^2$	0.9998
" (大)	$" = 2.033 + 2.212i - 0.030i^2$	0.9993

'3段階' 作業은 '2段階'에서 求한 車種別 待期行列內에서의 大型車의 位置에 따른 總通行時間 推定值를 式(3.16)에 代入하여 大型車의 待期行列內 位置別로 PCE값을 求하는 일이다. 待期行列內의 大型車 位置別로 PCE값을 구하기 위하여는 大型車의 影響이 미치는 마지막 乘用車의 位置 i를 定해야 한다. 이는 다음과 같은 假定과 過程을 通하여 定하게 된다. 卽, 基本 假定은 모형소개시 밝힌 바와 같이 大型車 다음의 乘用車 位置가 大型車로부터 멀어질수록 乘用車의 大型車로 因한 지체증가분은 줄어든다는 점이다. 또한 大型車로부터 시작해서 바로 뒷차와 앞차간의 總通行時間의

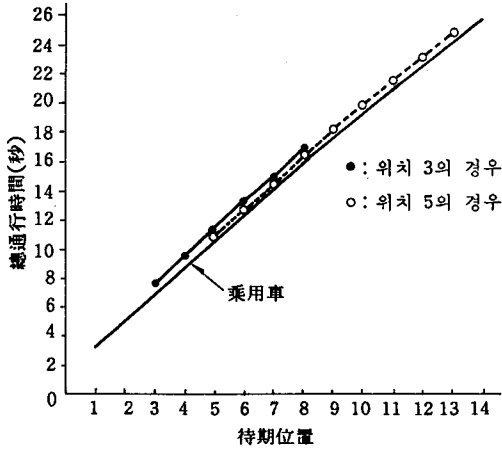
增加分을 全部 乘用車로 構成된 대기행열에서 대형차와 同一한 位置부터 차례로 구한 總通行時間의 增加分과 比較해 볼 때 大型車가 있는 경우의 增加分이 乘用車만으로 構成된 경우의 증가분보다 빨리 줄어든다는 점이다. 따라서 大型車의 影響이 끝나는 乘用車i 이후의 各各의 增加分은 理論的으로 差異가 없게 되므로, 위치 i의 결정은 待期行列內 同一位置에서의 總通行時間의 增加分을 차례로 比較하여 增加分이 같아지는 位置로 하면 된다. 이렇게 乘用車 位置 i가 定해지면 이를 式(3.16)에 代入하여 待期行列內의 大型車 位置別 PCE값을 算定할 수 있게 된다.

그러나 이렇게 求한 PCE값에 대해서 추가로 해야 할 作業이 남아 있다. 이는 다름이 아니라 이렇게 求한 車種別 PCE값이 待期行列內 位置에 따라 實際로 影響을 받는가 하는 것에 대한 檢證 作業이다. 檢證 結果가 긍정적으로 나타나는 車種에 대해서는 本研究의 基本 假定, 卽 待期行列內의 大型車의 낮은 加速能力으로 인하여 大型車以後의 乘用車의 지체에 미치는 影響이 大型車의 待期位置가 뒤로 갈수록 적어진다는 점이 확인되는 것이다. 이 경우에는 待期位置別로 구해진 PCE값간의 關係式을 回歸分析을 通하여 구하여 位置別 PCE값을 再調整하여 주는 것이 바람직하다. 檢證결과가 부정적이면, 이들값의 평균치를 그 車種의 代表的 PCE값으로 정하면 된다.

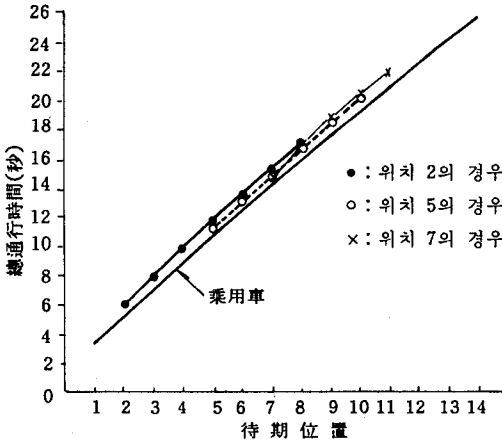
3) 分析結果 및 比較

앞절에서 提示된 段階別 分析 節次에 따른 結果는 다음과 같다. 먼저 '段階1'을 토대로 한 '段階2'의 結果로서 乘用車 및 大型車의 車種別 總通行時間을 待期行列內의 大型車 位置別로 圖示하면 <그림 8>, <그림 9>, <그림 10>과 같으며, PCE算定の 基準이 되는 회귀방정식에 의한 乘用車의 總通行時間과 待期順序別 總通行時間增加分은 <表 10>과 같다.

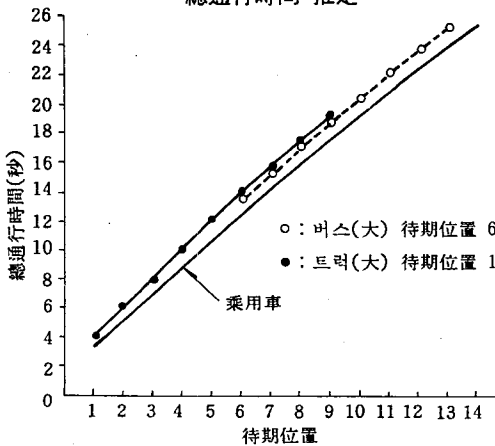
그림에서 보면 基準이 되는 乘用車의 總通



〈그림 8〉 버스(小)의 待期位置別 總通行時間 推定



〈그림 9〉 트럭(소)의 待期位置別 總通行時間 推定



〈그림 10〉 버스(大) 트럭(大)의 臺期位置別 總通行時間 推定

行時間보다 大型車의 總通行時間이 높게 나타나고 있으며, 버스小→트럭小→버스大 및 트럭大의 順으로 그 差異가 증가함을 보이고 있다. 이는 PCE값이 이러한 順序로 커짐을 간접적으로 시사하는 것이다.

〈表 10〉 乗用車 待期順序別 總通行時間 推定 (單位: 秒)

待期順序	總通行時間	增加分	備考
1	3.37	-	
2	5.26	1.89	
3	7.12	1.86	
4	8.95	1.83	
5	10.75	1.81	
6	12.53	1.77	
7	14.28	1.75	
8	16.00	1.72	
9	17.69	1.69	
10	19.35	1.66	
11	20.98	1.63	
12	22.59	1.61	
13	24.16	1.57	
14	25.71	1.55	

이상과 같은 車種別 總通行時間 推定結果와 앞서 說明한 分析方法 및 式(3.16)에 의하여 구한 大型車의 PCE값은 〈表 11〉과 같다.

〈表 11〉에는 車種別로 待期行列內 位置에 따른 대형차의 PCE 값이 大型車의 영향이 끝나는 乗用車 位置 i와 함께 제시되어 있다. 이 표에 나타난 PCE 값의 수가 回歸分析된 式의 數보다 적은 것은 PCE를 求하는 過程에서 大型車와 그 다음에 있는 승용차와의 總通行時間 增加분이 大型車와 동일한 위치에 있는 乗用車와 그 다음 乗用車와의 總通行時間 增加분보다 큰 경우의 자료만을 有効한 것으로 하였기 때문이다. 이 결과로 버스大와 트럭小의 경우 여러 대기 위치에서의 PCE 값을 산정할 수 없었던 관계로 이들 車輛에 대하여 待期位置에 따른 PCE 값의 變動에 관한 상관 관계 분석은 할 수 없었다.

<表 11> 待期行列內 位置別 大型車 PCE값

車種	項目	待期行列內 位置								備考
		1	2	3	4	5	6	7	8	
버스小	(i) 위치	(9)	-	(8)	(10)	(13)	-	(14+)	-	평균 1.36
	P C E	1.26	-	1.42	1.38	1.42	-	1.33	-	
버스大	(i) 위치	-	-	-	-	-	(13)	-	-	
	P C E	-	-	-	-	-	1.90	-	-	
트럭小	(i) 위치	-	(8)	-	-	(10)	-	(11)	-	평균 1.60
	P C E	-	1.7-	-	-	1.50	-	1.61	-	
트럭大	(i) 위치	(9)	-	-	-	-	-	(9)	-	
	P C E	2.09	-	-	-	-	-	2.25	-	

제한된 자료이나 버스小와 트럭小에 대하여 주어진 待期位置別 PCE값變動에 관한 상관관계분석을 實施하였다. 버스小의 경우 버스小의 待期行列內 位置가 PCE값變動에 약간 미치는 것은 하나 그 영향은 무시할 수 있는 정도이므로 버스小의 PCE값은 待期位置에 관계없이 이들의 평균값을 취하여 使用해도 좋다고 판단된다. 한편 트럭小의 경우는 PCE값이 行列內의 位置에 따라 버스小의 경우보다 다소 영향을 크게 받는 것으로 나타나고 있는으나 資料入力數가 充分하지 않은 關係로 現在로서는 그러한 結論을 내기에는 이르다고 판단된다. 그리고 버스大와 트럭大의 경우는 待期位置別 資料가 하나 또는 둘에 불과하므로 이러한 分析은 시도하지 않았다.

위의 결과로 볼 때 버스小의 PCE값은 1.4 내외, 트럭小의 PCE값은 1.6 내외, 버스大는 2.0에 접근하고, 트럭大는 2.0을 넘는 것으로 판단된다. 이는 향후 보다 充分한 資料를 바탕으로 한 研究에서 보다 精確히 산정되어야 할 것이다. 참고로 위의 결과를 國內에서 있었던 大型車의 PCE값 研究結果와 비교해 보자. 吳益秀(5)에 依하면 大型車의 PCE값은 1.9, 吳世炫(7)에 依하면 大型車의 PCE값은 1.77~1.92범위에 있는 것으로 보고되어 있는바, 잠정적이거나 本 研究에서 구한 버스大와 트럭大의 PCE값이 이들보다 큰 것은 앞서도 언급

한 PCE에 관한 개념의 差異, 卽 전통적인 PCE개념에 낮은 가속성능의 영향을 보탬으로 인한 결과에 기인된 것으로 보인다. 참고로 Molina et al(25)이 提示한 美國의 大型車의 PCE값 研究결과를 소개하면 다음 <表 12>와 같다.

<表 12> 美國의 大型車 PCE값 推定結果

트럭 형태	대기행렬의 트럭 위치						
	1	2	3	4	5	6	7
2軸 Single unit	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
3軸 Single unit	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	-
4軸	2.3	-	2.5	-	-	-	-
5軸	4.1	3.9	3.7	3.6	3.4	3.2	3.1

자료 : 참고문헌 (25)

끝으로 本 研究에서는 待期行列內에 大型車가 하나 있는 경우만을 研究對象으로 하여 大型車의 PCE값을 算定하고자 하였다. 그러나 實際로는 待期行列에 둘 또는 그 이상의 大型車가 있는 경우가 많은데 이 경우에 대한 研究는 向後의 研究課題로서 分析過程이 다소 복잡한 점은 있으나 本 研究에서 擇한 方法을 조금 확대 適用하면 可能함을 밝힌다.

5. 直進 및 左廻轉 車線利用係數 推定

1) 分析節次 및 方法

交叉路에 進入하는 車輛은 直進 또는 左廻

轉車線이 2車線 以上이면 車線을 선택하게 된다. 따라서 通過交通量은 주어진 車線에 고루 分布되지 않으므로 車線別 通過交通의 利用率이 달라지게 되는데, 그 이유로는 앞서 설명한 바 있지만

- 現 交叉路에서의 各車線의 待期行列 길이
- 現 交叉路 通過 以後 다음 交叉路에서의 豫定 進行 方向
- 現 交叉路和 다음 交叉路 사이의 街路邊 側面마찰 상태

등을 들 수 있다.

위와 같은 理由로 車線利用이 고르지 못하므로 交叉路의 交通信號 設計나 分析時 最惡의 條件에 있는(即 車線當 通過交通量이 제일 많은) 車線을 對象으로 하게 된다. 그러나 車線當 通過交通量이 가장 많은 車線은 固定되어 있는 것이 아니고 信號週期마다 다를 수가 있으므로 信號週期마다 最大로 利用하는 車線의 通過交通量을 調査하여 週期當 總通過交通量和 比較함으로써 車線利用率을 決定하게 된다.

이와 같이 車線利用率이 決定되면, 車線移

用係數는 다음과 같이 구하게 된다.

i) 直進 또는 左廻轉(3車線以上)

$$U = \frac{U_L}{33.3\%} \quad (3.17)$$

ii) 直進 또는 左廻轉(2車線)

$$U = \frac{U_L}{50.0\%} \quad (3.18)$$

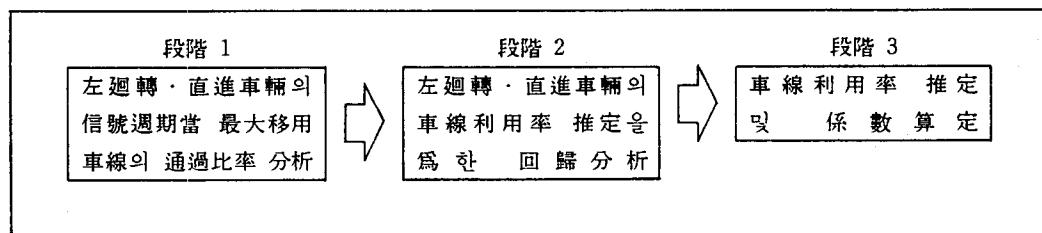
여기서

U = 車線利用係數(≥ 1.0)

U_L = 車線利用率(%)

그러나 여기서 짚고 넘어가야 할 점이 있다. 그것은 車線利用率은 固定的인 값은 아니라는 점이다. 예를들면, 直進 또는 左廻轉 車線에서 交叉路의 混雜度(V/C比)가 높아지거나 待期車輛行列이 길어지면 車線利用率은 平準化(即 1.0에 접근)하는 경향이 있다. 따라서 該當 交叉路의 車線利用係數는 주어진 交通狀況이나 分析目的에 따라 適切히 選定함이 바람직하다.

本 研究에서 取한 車線利用係數 推定 節次는 다음 <그림 11>과 같다.



<그림 11> 車線利用係數 推定 節次

2) 分析 結果

車線利用係數 推定節次の 第1段階는 各 交叉路 流入部別로 左廻轉 및 直進車輛의 信號週期當 最大利用車線에 관한 通過比率 分析이다. 이를 調査 · 集計한 結果가 <表 13>에 要約되어 있다. 直進의 경우 車線別 調査 週期數는

2車線이 16週期, 3車線이 196週期, 4車線이 19週期였으며, 左廻轉의 경우 2車線만 204週期가 調査되었다.

위의 調査 結果 車線利用率 推定은 左廻轉 2車線과 直進 3車線以上(直進 2車線은 除外)의 2個그룹으로 나누어 進行되었다.

<表 13> 交叉路 流入部別 最大利用車線이 利用現況 集計

交叉路	流入部	車線數	週期當	調 查	總 通 過	週期別 最大利用	週期當 平均	綠色時間(秒)當	平均車線
			綠色時間(秒)	週期數	車輛數	車線의 通過車輛 累 計	通過車輛數 (대/週期)	週期當平均通過數 (대/週期秒)	利用率 (%)
			①	②	③	④	⑤=③÷②	⑥=⑤÷①	⑦=④÷③
江 南 驛	南側	3	49	27	1,326	683	49.1	1.000	51.5
		(2)	(26)	(27)	(450)	(260)	(16.7)	()	(57.8)
"	"	3	51	15	674	342	44.9	0.880	50.7
		(2)	(28)	(14)	(250)	(147)	(17.9)	()	(58.8)
(테헤란路 및 江南大路 交叉)	東側	3	34	29	1,456	538	50.2	1.476	37.0
		(2)	(22)	(28)	(550)	(301)	(19.6)	()	(54.7)
	"	3	49	9	340	-	37.8	-	-
		(2)	(26)	(9)	(128)	(73)	(14.2)	()	(57.0)
	"	"	3	40	14	883	402	31.5	0.788
(2)			(21)	(15)	(250)	(154)	(16.7)	()	(61.6)
"	西側	2	33	16	578	319	36.1	-	55.2
		(2)	(20)	(16)	(136)	(81)	(8.5)	()	(59.6)
삼 성 역	東側	3	36	33	1,769	753	53.6	1.489	42.6
		(2)	(34)	(35)	(611)	(362)	(17.5)	()	(59.2)
(테헤란路)	西側	3	31	39	1,568	595	40.2	1.297	37.9
		(2)	(29)	(38)	(721)	(396)	(19.0)	()	(54.9)
(테헤란路 및 江南경찰서 앞 길)	東側	4	55	14	1,126	339	80.4	1.462	30.1
		"	西側	3	60	8	1,638	558	74.5
(始興大路)	南側			4	64	5	463	173	92.6
		(江南大路 및 광성빌당앞)	南側	3	59	22	1,039	518	47.2
(2)	(20)			(22)	(195)	(124)	(8.9)	()	(63.6)

※ ()는 左廻轉 車線 資料

第2段階는 左廻轉 및 直進車輛의 車線利用率 推定을 爲한 回歸分析作業으로, 車線利用率에 영향을 미치는 變數選定이 가장 重要한 部分이 된다. 變數選定을 爲하여 여러 角度에서 檢討한 結果 本節의 앞 部分에서 설명한 3가지 要因中 첫번째 要因, 卽 交叉路 各車線의 待期行列의 길이나 交叉路의 混雜度를 反映할 수 있는 것이 가장 적합한 것으로 판단되었다. 왜냐하면 3가지 要因中 나머지 2가지는 交叉路 容量分析 段階에서 計量化가 不

可能하며, 待期行列의 길이나 混雜度는 運轉者의 車線 選擇 過程에서 直接的이고 可視的인 영향을 주는 것으로 判斷되었기 때문이다. 그러나 여기에도 問題는 남아있다. 美國 HCM (1985)의 車線利用係數 適用段階를 보면 分析對象에 따라 交叉路의 幾何構造와 流入交通量 調查(또는 더 나아가서는 交通信號 運營現況 調查)가 있는 후 이를 토대로, 交叉路 容量이 分析되기 以前에, 절차상 우선 係數를 使用하여 분석에 활용토록 되어 있다. 따라서 係數

의 決定은 交通容量 및 서비스 水準分析의 初期段階에서 상당히 적은 情報量에 依存하여 이루어져야 한다. 本 研究 過程에서 드러난 바에 따르면 車線利用係數는 美國의 HCM에서 처럼 固定的인 값을 갖기가 대단히 어렵다는 점이다. 따라서 本 研究에서는 주어진 情報量에 맞추어 앞서 定한 基本要因의 精神에 적합한 變數를 찾기로 하였다. 여러 變數가 운데에서 다음의 3가지가 最終的으로 檢討되었다.

- i) 直進 또는 左廻轉의 경우 各各 信號 週期當 平均 通過 車輛數(車線數 區分 안함)로 함.
- ii) i)의 結果를 車線數로 나누어 車線當

값으로 換算

- iii) i)의 結果를 週期當 綠色 信號時間(秒)으로 나누어 單位 綠色時間當 週期當 平均 通過 車輛數로 함.

위의 3가지 變數를 直進 및 左廻轉 車線에 適用하여 回歸分析한 結果는 다음 <表 14>와 같다.

回歸分析 結果로부터 다음과 같은 結論을 導出할 수 있다. 첫번째 變數, 卽 車線數 區分없이 週期當 平均 車輛數를 基準으로 回歸分析한 結果가 두번째 變數, 卽 車線數를 고려한 경우보다 좋은 結果를 얻고 있다. 3번째 變數의 경우 左廻轉의 結果는 나빠졌으나 直進의 結果는 相當히 改善되고 있다.

<表 14> 變數別 車線利用率 回歸分析 結果

變 數	左 廻 轉	直 進(3차선 이상)
1. 週期當 平均 通過 車輛 基準	$U_L(\%) = 65.69 - 0.46V_{LT}$ $V_{LT} =$ 週期當 平均 左廻轉 車輛數 入力數 = 9 $R = -0.653$	$U_L(\%) = 55.4 - 0.24V_{TH}$ $V_{TH} =$ 週期當 平均 直進 車輛數 入力數 = 10 $R = -0.630$
2. 車線當 週期當 平均 通過 車輛 基準	$U_L(\%) = 65.69 - 0.92V_{LT}/N$ $N =$ 車線數 $R = -0.659$	$U_L(\%) = 58.6 - 0.98V_{TH}/N$ $N =$ 車線數 $R = -0.564$
3. 綠色時間(秒)當 週期當 平均 通過 車輛 基準	$U_L(\%) = 64.0 - 8.84L_T/G$ $G =$ 週期當 左廻轉 綠色時間(秒) $R = -0.471$	$U_L(\%) = 65.57 - 20.12V_{TH}/G$ $G =$ 週期當 直進 綠色時間(秒) $R = -0.785$

따라서 첫번째 變數와 세번째 變數를 使用한 結果를 比較해 보면 다음과 같은 分析이 가능해진다. 우선 分析에 앞서서 綠色時間秒 當 週期當 通過 車輛數의 意味를 파악해 보자. 예를 들어 直進 3車線의 交叉路에 2,400台의 車輛이 通過한다고 하자. 이때 信號週期를 時間當 30회 또는 40회로 하는 2가지 대안이 있고 綠色時間은 週期の 1/2로 한다고 하자. 그러면 시간당 30회 경우의 信號주기는 120秒

녹색시간은 60秒가 되며, 시간당 40회 경우의 信號주기 90秒 녹색시간은 45秒가 된다. 위의 2가지 경우 각각 綠色時間當 週期當 通過 車輛數를 計算하면 2,400台/30回/60秒=1.33 台/週期/秒, 2,400台/40回/45秒=1.33台/週期/秒가 되어 값이 같아진다. 卽 信號週期를 어떻게 定하든지 間에 單位 綠色時間當 處理 交通量은 같아진다. 이때 通過 交通量이 2,700 台로 增加된다면 綠色時間當 週期當 通過交通

량은 2,700台/30回/60秒=1.5台/週期/秒가 되어 時間當 交通量 增加比率와 같은 率로 綠色 時間秒當 週期當 通過交通量이 增加하므로 交叉路 混雜度의 增加 또는 間接的으로 待期行列의 길이의 增加가 바르게 反映되는 結果를 낳는다고 볼 수 있다. 물론 여기서 車線數를 고려하는 것이 混雜度나 待期行列의 길이를 보다 잘 反映할 것으로 보이나 첫째 變數와 둘째 變數의 適用結果를 비교해 볼 때 車線數는 이에 큰 영향을 주지 못하는 것으로 判明되었으므로 車線數는 더 이상 고려하지 않기로 한다.

이제 첫번째 變數와 3번째 變數를 左廻轉 및 直進의 경우에 적용한 結果를 분석해 보자. 左廻轉의 경우는 綠色時間秒當 값에 민감하지 못할 뿐만 아니라 오히려 나쁜 結果를 초래하였으나, 直進의 경우는 綠色時間秒當 값에 민감하게 結果가 改善되는 쪽으로 反應을 보이고 있다. 이로부터 다음과 같은 結論을 얻을 수 있게 된다. 卽 直進車輻들은 交叉路의 混雜度나 待期行列의 길이에 보다 민감하게 反應하여 車線을 선정하는 경향이 높은 反面, 左廻轉 車輻은 그러하지 않다는 점이다.

따라서 車線利用率을 推定할 때 左廻轉 車線의 경우는 綠色時間을 고려하지 않은 信號週期當 通過 車輻數를 變數로 取함이 좋겠고, 直進 車線의 경우 綠色時間에 關한 情報가 있으면 이를 基礎로 한 셋째 變數를 取하고, 없으면 左廻轉 車線의 경우와 같이 첫번째 變數를 取하여 車線利用率을 推定할 것을 제안한다.

끝으로 直進 車線의 경우 車線數를 고려한 경우가 고려하지 않은 경우보다 왜곡된 結果를 낳은 것은 아마도 우리나라의 경우 幹線道路의 主技能인 通過 交通을 위한 道路 整備가 잘 되지 못한 때문이 아닌가 보여진다. 바꾸어 말하면 交叉路와 交叉路 사이의 道路部分은 대개 버스정류장, 택시정류장, 노상 불법 주차등으로 道路 側面마찰이 많은 관계로 車輻들이 道路邊 車線의 使用을 기피하는 경향

때문에 車線數의 效果가 잘 反映되지 못하는 것이 아닌가 보여진다. 이에 關한 구체적 연구는 本 論文의 연구범위를 벗어나는 것이므로 차후의 문제로 남긴다.

車線利用率 推定에 關한 以上の 結果를 要約하면 다음과 같다.

가) 左廻轉 車線利用率(2車線)

$$U_L(\%) = 65.69 - 0.46V_{LT} \tag{3.19}$$

V_{LT} = 週期當 平均 左廻轉 車輻數

但, $V_{LT} > 34.1$ 台/週期면,

$$U_L(\%) = 50\%로 놓을 것$$

나) 直進 車線利用率(3車線以上)

○ 綠色時間 情報가 있으면,

$$U_L(\%) = 65.57 - 20.12V_{TH}/G \tag{3.20}$$

V_{TH} = 週期當 平均 直進 車輻數

G = 週期當 直進 綠色 信號時間(秒)

但, $V_{TH}/G > 1.60$ 이면,

$$U_L(\%) = 33.3\%로 놓을 것$$

○ 綠色時間 情報가 없으면,

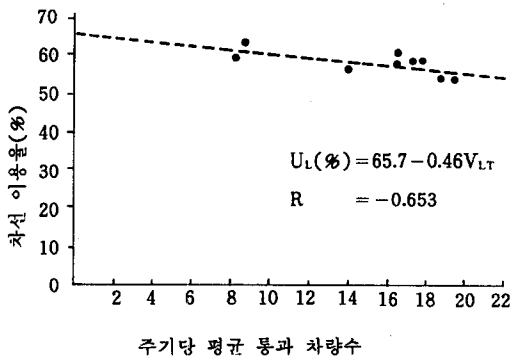
$$U_L(\%) = 55.4 - 0.24V_{TH} \tag{3.21}$$

但, $V_{TH} > 92.1$ 台/週期면,

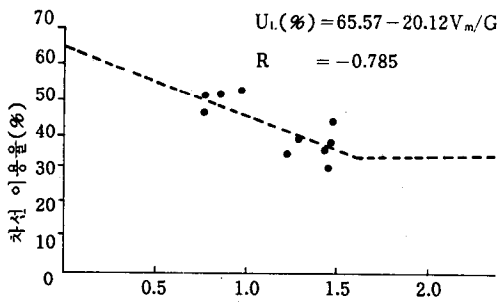
$$U_L(\%) = 33.3\%로 놓을 것$$

위의 式(3.19), (3.20), (3.21)을 回歸分析한 結果와 함께 나타내면 <그림 12>, <그림 13(a) 및 (b)>와 같다. 참고로 推定式을 이용하여 조사 지역의 교통량을 基準으로 한 車線利用率 및 係數를 구하여 보면, 좌회전 차량의 경우 車線中 한쪽 車線利用率이 56%에서 62%(車線利用係數는 1.12에서 1.24범위)로 한쪽 차선을 편중되게 利用하고 있음을 알 수 있다. 한편 직진차량의 경우 3차선 또는 4차선중 가장 많이 利用하는 차선의 차선이용율이 36%에서 49%(차선이용계수는 1.08에서 1.48범위)로 차선이용율의 차이가 심함을 보이고 있는 바, 이는 한정된 도로 면적을 효율적으로 고르게 利用하고 있지 못함을 나타내는 것으로 이는 아마도 우리나라의 간선도로가 정비되어

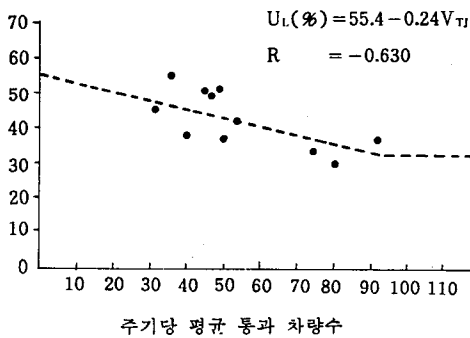
있지 못한 결과라고 보여진다.



<그림 2> 左廻轉 車線 利用率(2車線)



녹색신호시간(초)당 주기당 평균 통과 차량수
(a) 녹색신호시간 정보가 있을 때



(b) 녹색신호시간 정보가 없을 때

<그림 13> 直進 車線 利用率(3車線以上)

IV. 結 論

本 研究에서는 우리나라 車輛運行 特性을 導出하기 위한 基礎研究로서 平面信號交叉路의 容量 算定에 必要한 基準值 決定의 基礎資料인 基本 飽和交通流率, 大型車의 乘用車 換算 係數, 直進 및 左廻轉 車輛의 車線利用係數에 關하여 交叉路에서의 交通現象을 video camera에 담아 米시적으로 分析함으로써 우리나라의 交通特性을 밝히고, 나아가서는 “韓國型 道路 便覽” 연구에 도움이 되고자 하였다.

本 研究의 結果를 研究課題別로 整理하면 다음과 같다.

· 첫번째 課題인 基本 飽和交通流率 推定에 關한 結果는 다음과 같다.

平面信號交叉路의 飽和交通流는 綠色信號가 시작된 이후 6번째로 통과하는 乘用車부터 시작되며, 飽和交通流에서의 車頭間隔은 1.652秒로서, 車線幅 3.1m의 基本飽和交通流率은 有效綠色 1時間當 2,180台이다.

· 두번째 課題는 大型車의 乘用車 換算係數 推定에 關한 것으로 研究結果를 보면 지금까지의 大型車 PCE를 求하는 방식에 關하여 本 研究에서 擇한 방식(即, 大型車의 낮은 加速 能力이 大型車 以後의 乘用車의 지체에 미치는 傾向을 大型車의 PCE값에 추가)을 따르면 大型車의 PCE값이 커지는 傾向이 있었다. 그러나 分析을 위한 入力資料 준비가 부족하였던 關係로 待期行列內의 大型車 位置가 PCE 값에 미치는 影響도 分析과 車種別 代表的 PCE 값 推定은 차후 연구과제로 넘긴다. 그러나 버스小의 PCE값으로 1.36을 적용함은 적절한 것으로 판단된다.

· 세번째 研究課題는 直進 및 左廻轉 車線 利用係數 推定 問題로서 直進 및 左廻轉 車線에 對하여 各各 車線利用率을 推定할 수 있는 式이 제시되었다. 車線을 選擇하는 傾向을 보면 左廻轉 車輛에 比하여 直進하는 車輛들은 車線別 待期行列의 길이나 交叉路 混雜度

에 보다 민감하게 反應하는 것으로 나타났다. 그러나 車線利用率을 보면 美國의 경우보다 전 차선을 고루 쓰지 않고 특정 車線에 몰리는 경향이 높다. 이는 한정된 道路面積이 효율적으로 사용되고 있지 못함을 보이는 것으로서 이용자가 車線을 고루 이용할 수 있도록 간선도로변의 정비가 시급하다고 하겠다.

參 考 文 獻

1. 建設部, 道路便覽, 1972.
2. 建設部, 道路構造令의 해석과 운용, 1983.
3. 文東周外, 道路容量便覽作成을 위한 基礎研究, 國土開發研究院, 1981.
4. 朴昌浩外, 道路交通容量算定에 관한 研究, 서울大學校 生産技術研究所, 1981.
5. 吳益秀, 都市平面信號交叉點의 車輛通行特性에 관한 基礎研究, 博士學位 論文, 영남대학교, 1984.
6. 都哲雄, “直進交通의 左廻轉 車線利用率推定과 交叉路 容量 및 最適 信號燈 時間 算定,” 大韓交通學會誌, 第1卷 第1號, pp. 56~83, 1983.
7. 吳世炫, 飽和交通量과 大型車의 乘用車換算係數의 算定에 관한 研究, 碩士學位 論文, 서울大學校, 1987.
8. 李鍾達, 街路 交通流 特性에 관한 基礎的 研究, 碩士學位 論文, 嶺南大學校, 1989.
9. 趙亨基, 신호등이 있는 교차로에서 대형 차량의 승용차 환산계수 산정에 관한 연구, 碩士學位 論文, 亞洲大學校, 1989.
10. 道路容量便覽 研究調查(제1단계) 最終報告書(案), 韓國建設技術研究院/交通開發研究院/Urban Associates, Inc, 1989. 2.
11. Highway Capacity Manual, Special Report 209, Transportation Research Board, Washington, D. C., 1985.
12. 日本道路協會, 道路構造의 解說と運用, 1980.
13. Miller, A. J., “Australian Road Capacity guide,” Australian Road Research Board Bulletin No. 4, 1968.
14. Miller, A. J., “The Capacity of Signalized Intersections in Australia,” Australian Road Research Board Bulletin No. 3, March 1968.
15. Webster, F. B. and Cobbe, B. M, Traffic Signals, RRL Technical Paper No. 56, 1966.
16. Karl-Lennart Bang, “Swedish Capacity Manual, Part 3 : Capacity of Signalized Intersection,” Trr 667, pp. 11~20, Transportation Research Board, Washington, D. C., 1978.
17. Teply, S., “Highlights of the Canadian Capacity Guide for Signalized Intersections,” TRR 1005, Transportation Research Board, Washington, D. C., pp. 20~28, 1985.
18. Greenshields, B. D., Shapiro, D., and Erickson, E. L., Traffic Performance at urban Street Intersections, Technical Report No. 1, Yale Bureau of Highway Traffic 1947.
19. Capelle, D. G., and Pinnell, C., “Capacity Study of Signalized Diamond Interchanges,” Highway Research Board Bulletin 291, pp. 1~25, Highway Research Board, Washington, D. C., 1961.
20. Branston, D., and Van Zuylen, H., “The Estimation of Saturation Flow, Effective Green Time and Passenger Car Equivalents at Traffic Signals by Multiple Linear Regression,” Transportation Research Vol. 12, pp. 47~53, 1978.
21. Saturation Flow Manual, City of Edmonton and the University of Alberta, Canada, April 1980.

22. Branston, D., "Some Factors Affecting the Capacity of Signalized Intersections," *Traffic Engineering and Control* Vol. 20, pp. 390~396, 1979.
23. Highway Capacity Manual, Special Report 87, Highway Research Board, Washington, D. C., 1965.
24. Carstens, R. L., "Some Traffic Parameters at Signalized Intersections," *Traffic Engineering*, Vol. 41, No. 11, pp. 33~1971.
25. Molina Jr., C. J., Messer, c. J., and Fambro, D. B., Passenger Car Equivalencies for Large Trucks at Signalized Intersections, Texas Transportation Institute Report No. 2-18-85-397-2, College Station, TX, May 1987.
26. Stokes, R. W., "Comparison of Saturation Flow Rates at Signalized Intersections," *Journal of Institute of Transportation Engineers*, Vol. 58, No. 11, pp. 15~20, November 1988.