

交叉路 信號體系 最適化를 利用한 疏通體系 改善方案에 관한 研究

金 殆 坤*

A Study on the Travel System Management using the Signal System Optimization in the Intersection

Taegon, Kim, Ph. D.

Key Word : 交通體系改善(Transportation Systems Management, TSM), 幹線道路(Arterial), 通行體系分析(Traffic System Analysis), 道路體系分析(Roadway System Analysis), 信號體系分析(Signal System Analysis), 서비스水準(Level of Service, LOS), 交通滯症(Traffic Congestion), 비데오 觀測技法(Videologging System Techniques), 尖頭時間帶(Peak-Time Periods), 尖頭交通量(Peak Traffic Volumes), 信號交叉路(Signalized Intersection), 導流化(Channelization), 信號顯示(Signal Phase), 信號時間(Signal Timing), 獨立交叉方式(Isolated Intersection), 連動交叉方式(Progressive Intersection).

Abstract

In the urban areas since 1980's, the automobiles have been rapidly increasing every year, traffic congestion has been severely occurring everywhere and mobility has resulted in its worst due to traffic congestion. Out of these Areas, especially the Pusan City in which we have a population of around 4 million, also face the sea and lie with the hills is experiencing more severe transportation problems than any other cities because we have the lowest rate of road(about 14%), the highest concentration rate of travel on the main arterial(about 64%) and the high increase rate of vehicles(about 21%).

* 韓國海洋大學校 港灣運送工學科 教授

Through this study for relieving the traffic congestion on the main arterial using the signal system optimization, i) the marked differences in the travel characteristics on the roadway and the signalized intersections of the main arterial could be identified, ii) the problems on the roadway and the signalized intersections during the peak-time periods also could be found, and finally iii) the optimal signal system management for reduction in the traffic congestion and improvement in the travel system on the roadway and the signalized intersection by recontrolling the signal timing of the signalized intersections and constructing the optimally progressive signal system on the arterial could be suggested. Especially, delay reduction of 15.3% to 71.4% by optimizing the signal timings on the signalized intersections selected was obtained.

Based upon these results, the following conclusions were drawn : i) all of the signal systems on the arterials should be periodically rechecked so that the signal system, especially signal timings and phases on the signalized intersections, could be optimally operated upon the traffic flows, ii) the optimally progressive signal system based on the arterial should be constructed.



- B_d : $2(1 - X) + XZ$
 B_n : $4Z - Z^2$
 C : cycle length in sec
 c_i : capacity of lane group or approach i in vph
 D : total delay in veh - hr/hr
 d_r : random and saturation delay in veh - hr/hr
 d_u : uniform delay in veh - hr/hr
 g_i : effective green time for lane group or approach i in sec
 $(g/C)_i$: green ratio for lane group or approach i
 L : total lost time per cycle computed as the sum of "start-up" and change interval lost time minus the portion of the change interval used by the vehicles for each critical signal phase
 m_t : queue length during step t
 N : number of steps in the cycle
 s_i : saturation flow rate for lane group or approach i in vph
 T : period length, normally 60 minutes

- V : hourly volume(vph)
 v_i : actual flow rate for lane group or approach i in vph
 $\sum_i (v/s)_i$: the summation of flow ratios for all critical lane groups or approach i
 X : degree of saturation
 X_i : v/c ratio for lane group or approach i
 X_c : critical v/c ratio for the intersection
 Z : $(2Z/V) \times 60/T$

1. 研究 背景

1960年代 末까지 美國에서는 交通問題를 解決하기 위하여 莫大한 資本을 投資하여 全國에 걸쳐 大規模의 交通施設을 擴充하는 데 置重하여 왔다. 그러나, 單純히 道路施設을 擴充하는 것만으로 交通問題를 完全히 解決할 수는 없었다. 왜냐하면, C.K.Orski¹⁾가 指摘하였듯이 交通問題를 解決하기 위해 새로운 道路를 建設하여 竣工테이프를 자르자마자 通行量의 增加로 인하여 새로이 建設된 道路는 車輛으로 붐비게 됨으로써 새로운 施設擴充이 오히려 더 많은 通行需要를 發生시킴과 同時에 交通滯症을 더욱 加重시키는 結果를 가져왔다. 게다가, 1970年代 以後에 불어닥친 2차례의 에너지波動(Energy Crises)事態, 學國의 環境保護運動(Environmental Protection Movement)과 交通施設에 대한 投資財源의 限界 等に 直面하였기 때문에 交通施設을 擴充하는 대신 既存施設의 效率性을 增大시킬 必要가 있다는 趣旨에서 交通體系改善(Transportation Systems Management, TSM)方案에 대한 研究가 점점 高潮되어 왔다. 더구나, A.K.Rathi와 E.B.Lieberman²⁾은 單純히 信號交叉路(Signalized Intersection)의 信號時間(Signal Timing)만을 調整하여도 39.9%의 通行遲滯(Traffic Delay)가 減少되었고, 또한 交叉路 通行量도 7.1%정도 增大되었다고 發表한 研究結果를 비롯하여 各種 交通體系改善(TSM)方案들을 通한 여러 研究結果들이 發表됨으로써 交通體系改善(TSM)方案에 대한 妥當性 및 必要性이 더욱 浮刻되었다.

한편, 이와 때를 같이하여 우리나라에서도 急速한 經濟成長과 國民 個個人의 活動領域의 擴大로 通行需要가 急增함에 따라 交通滯症이 繼續 深化되었고, 또한 大部分의 都市地域에서는 通行需要에 비하여 顯著하게 不足한 道路施設로 인하여 深刻한 都市交通問題를 겪고 있었기 때문에 새로운 交通施設의 擴充과 並行하여 既存施設의 效率性 增大方案에 대한 研究 必要性이 한층 더 要求되었다. 이러한 必要性의 要求와 함께 釜山地域에 대하여 交通體系改善(TSM)方案을 適用해 보기로 한다.

現在 人口 4百萬의 釜山市는 背山臨海의 地形의 特性과 帶狀型의 道路網 構造를 가지고 있는 都市인데 反하여 겨우 14%의 道路率로 다른 大都市들에 비하여 道路施設이 顯著하게 不足하고, 더구나 主要 都心地域으로 總 通行量의 60%以上이 集中할 程度로 代替道路網 體系가 거의 構築되어 있지 않으며³⁾. 게다가 곳곳에 散在된 港灣施設로 因하여 港灣貨物輸送을 위한 大型車輛들이 主要 幹線道路를 占用함으로써 매우 深刻한 都市交通問題를 겪고 있는 地域이다⁴⁾. 지금까지 釜山市에서는 都市交通問題를 解決하기 위해서 每年 莫大한 財源을 地下鐵을 包含한 大衆交通施設 및 道路施設의 擴充에 投資하여 왔다. 그러나, 새로운 施設擴充이 날

로急増하는通行需要에 제대로副應하지 못하고既存施設의交通體系마저 제대로運營되고 있지 않기 때문에通行需要와施設供給의不均衡現象을惹起시키며交通滯症은한층加重되고 있다.

따라서,本研究에서는交通體系改善(TSM)方案의 하나로釜山地域內主幹線道路(Main Arterials)인中央路의通行需要에 보다適切히對處하고交通施設의效率的인利用을 위해 i)對象幹線道路의街路 및交叉路通行特性을確認하고, ii)對象幹線道路의通行特性에 따른問題點을把握하여, 마지막으로 iii)對象幹線道路의疏通體系를改善할 수 있는最適의信號體系(Optimal Signal System)를提示하고자 한다.

II. 研究 內容 및 方法

앞에서言及했듯이釜山地域의交通問題는 매우深刻하다.釜山地域에 있어서交通問題의主要要因으로는背山臨海都市로서不利한地形的與件과顯著하게不足한道路施設에도 불구하고날로急増하고 있는車輛需要, 또한地方都市로서施設擴充에必要的投資財源의絶對的인不足, 더구나港灣都市로서主要幹線道路를占用하고 있는大型車輛의 높은混在比率 등을 들 수 있다. 그러나,都市交通問題가釜山地域에만限定되어 있는 것이 아니라大部分의都市地域에서 겪고 있는都市問題다. 따라서釜山地域의交通問題가 다른都市들에 비하여 더深刻하고交通與件 또한 더 어렵다하더라도地域與件이許容되는範圍內에서交通問題를 다소라도解決하기 위해서는活用可能的交通體系改善(TSM)方案을積極摸索할必要가 있다.

우선적으로積極檢討될 수 있는交通體系改善(TSM)方案으로는研究對象道路의信號體系改善(Signal System Management, SSM)方案을 들 수 있다. 왜냐하면,信號體系改善(SSM)方案은既存信號交叉路의信號體系를交通量의흐름(Traffic Flow) 및交叉路構造에適切하도록信號時間(Signal Timing)과顯示(Phase)를再調整하여運營함으로써交叉路의疏通을圓滑하게할 수 있기 때문이다. 다음으로信號體系改善(SSM)을 위해選定될 수 있는釜山地域의研究對象道路로는中央路를 들 수 있다. 왜냐하면,中央路는釜山地域의主要幹線道路로都心地域을通過하고 있고,通行量集中으로極甚한交通滯症에 시달리고 있으며,出退勤時間帶에各方向別通行량이顯著的差異를 보이고 있기 때문이다. 마지막으로釜山地域內研究對象道路의信號體系改善(SSM)을 위해選定될 수 있는交叉路로市廳앞交叉路(A交叉路),東亞日報社앞交叉路(B交叉路) 및정말將軍銅像앞交叉路(C交叉路)를 들 수 있다. 왜냐하면, 이 들은研究對象道路上的主要交叉路들이고 다른交叉路에 비하여流出入通行量(Up and Down-stream Traffic)이相對的으로 많으며車輛의疏通狀態가 극히劣惡하기 때문이다. 따라서,本研究에서는信號體系改善(SSM)方案을 통한對象交叉路의交通體系를分析하여最適設計함으로써車輛의平均遲滯(Average Vehicle Delay)를減少시키고疏通能力을增大시키는 것을主要研究內容으로 한다.

또한,本研究를 위해서

1) 비디오觀測技法(Videologging System Techniques)을利用하여研究對象道路의街路交通量을觀測하였고,觀測된街路交通量을中心으로各時間帶別/車種別/方向別通行分布에 따라尖頭時間帶

(Peak Traffic Volumes)를 決定하였으며, 決定된 尖頭時間帶를 中心으로 對象 交叉路의 尖頭交通量 (Peak Time Traffic)을 算定함으로써 通行體系의 分析資料를 準備하였다.

2) 비데오 觀測技法(Videologging System Techniques)과 함께 反復實測을 통하여 研究對象道路의 街路 및 交叉路의 幾何構造 現況을 綿密히 調查함으로써 道路體系의 分析資料를 準備하였다.

3) 비데오 觀測技法(Videologging System Techniques)과 並行하여 研究對象 信號交叉路上에서 尖頭時間帶 信號週期(Cycle Length) 및 信號顯示(Signal Phase)를 反復觀測함으로써 信號體系의 分析資料를 準備하였다.

4) 準備된 通行體系의 分析資料, 道路體系의 分析資料 및 信號體系의 分析資料를 中心으로 研究對象 交叉路의 서비스水準(Level of Service, LOS)分析을 實施하였다. 특히, 尖頭時間帶에 研究對象 交叉路의 信號體系를 各各 獨立交叉方式(Isolated Intersection)과 聯動交叉方式(Progressive Intersection)으로 分類·分析하여 各 車線別 v/c ratio(volume-to-capacity ratio) 및 遲滯水準(Delay Level)을 算定함으로써 最適의 信號體系를 提示하였다.

(1) 通行 體系 分析(Traffic System Analysis)

交通量分析에 있어서 尖頭時間帶(Peak Time Periods)와 尖頭 1時間 交通量(Peak Hour Traffic Volumes)은 信賴性 있는 資料分析의 主要 指標가 된다. 一般的으로 尖頭時間帶(Peak Time Periods)란 1日 交通量을 時間帶別로 分類하였을 때 交通量이 가장 集中하는 時間帶를 말하고, 尖頭 1時間 交通量(Peak Hour Traffic Volumes)이란 尖頭時間帶의 交通量을 15分 單位로 分類하여 交通量이 가장 集中하는 尖頭 15分 單位의 交通量으로 換算하여 算定된 1時間 交通量 말한다. 따라서, 研究對象道路의 尖頭時間帶(Peak Time Periods)와 尖頭 1時間 交通量(Peak Hour Traffic Volumes)을 算定하기 위하여 이미 選定된 3個 交叉路(市廳앞 交叉路, 東亞日報社앞 交叉路 및 정발將軍銅像앞 交叉路)와 交叉路사이의 街路地點에 대하여 街路 交通量 및 交叉路 交通量을 調查하였다. 특히, 資料의 信賴性和 正確性을 위해서 비데오 觀測技法(Videologging System Techniques)이 利用되었으며, 또한 流出入通行量의 偏差를 줄이기 위해 週中(火曜日, 水曜日 또는 木曜日 中의 1日을 選定)을 擇해 每 15分 單位로 12時間씩 反復觀測이 實施되었다.

資料分析의 結果로 研究對象道路의 尖頭時間帶(Peak Time Periods)와 通行特性에 變化가 있음을 알

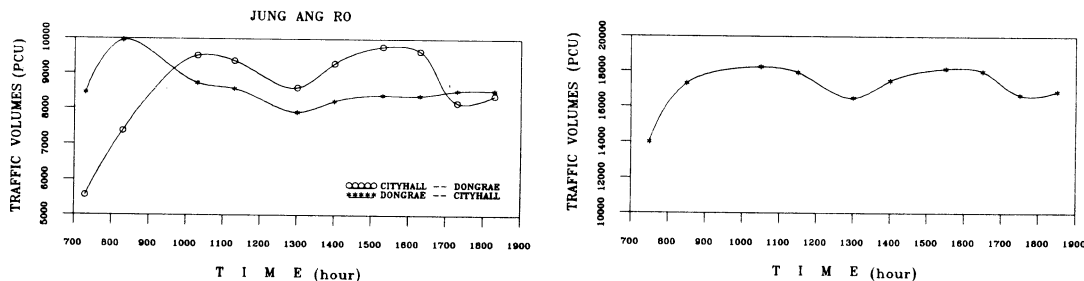
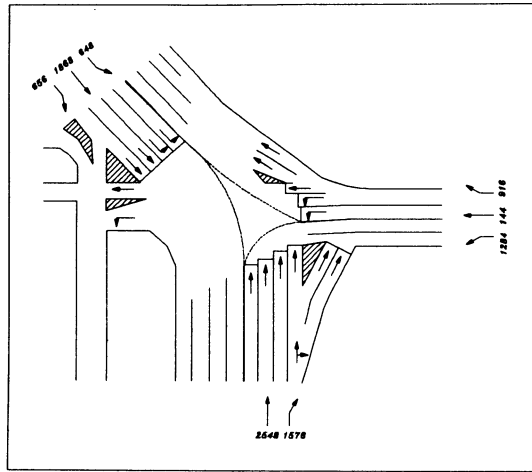


Fig. 2.1 Traffic Volume distribution on Main Arterial.



현황(Initial Setting)

66 + 4	54 + 4	28 + 4	160
↑ ↓	← →	↓ ↘	

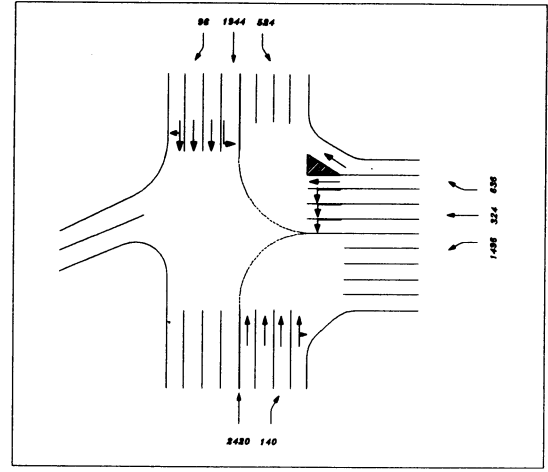
최적 상황(Optimal Setting)

59 + 4	58 + 4	33 + 4	162
↑ ↓	← →	↓ ↘	

연동 최적 상황(Progressive Optimal Setting)

87 + 4	92 + 4	49 + 4	240
↑ ↓	← →	↓ ↘	

Fig. 2.2 Intersection A(City Hall Intersection).



현황(Initial Setting)

106 + 4	56 + 4	26 + 4	200
↑ ↓	← →	↓ ↘	

최적 상황(Optimal Setting)

36 + 4	30 + 4	20 + 4	98
↑ ↓	← →	↓ ↘	

연동 최적 상황(Progressive Optimal Setting)

89 + 4	73 + 4	66 + 4	240
↑ ↓	← →	↓ ↘	

Fig. 2.3 Intersection B(Dong-A-II-Bo Intersection).

수 있었다. 특히, 研究對象道路의 尖頭時間帶(Peak Time Periods)는 既存의 出退勤時間帶(午前 07 : 00~09 : 00 사이와 午後 17 : 00~19 : 00사이)가 아니라 오히려 午前 10 : 00~11 : 00사이와 午後 15 : 00~16 : 00사이로 나타났고(參照 Fig. 2.1), 尖頭時間帶의 通行特性도 從前의 出退勤通行(Work Trips)에서 業務通行(Business Trips)이나 其他通行(Shopping Trips 또는 Other Trips)으로 나타났다. 게다가, 研究對象道路上에서 觀測된 兩方向通行 街路交通量은 乘用車(Passenger Car Unit, pcu)通行을 中心으로 約 5,500pcu~7,200pcu가 通行함으로써 1日 總 通行量의 各各 10.62%와 10.61%를 占有하는 것으로 나타났고(參照 Fig. 2.1, 2.5), 또한 交叉路 分析을 위한 尖頭 1時間 交通量(Peak Hour Traffic Volumes)도 各 交叉路마다 差異는 있지만 大體的으로 約 7,400pcu~9,700pcu의 流出入 通行量이 發生하는 것으로 나타났다.(參照 Fig. 2.2, 2.3, 2.4, 2.5)

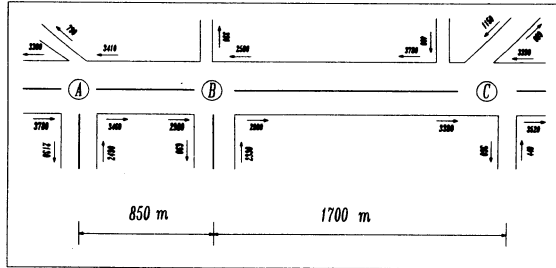
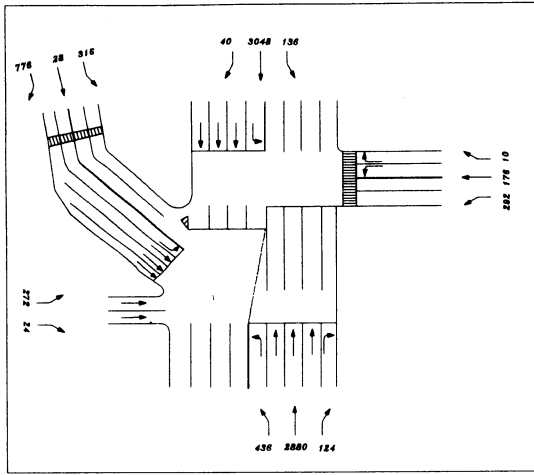


Fig. 2.5 Directional Traffic Volumes on the Roadway during peak-time.

(2) 道路 體系 分析(Roadway System Analysis)

현황(Initial Setting)

65 + 4	15 + 4	26 + 4	19 + 4	15 + 4	160
↓ ↑	↻	↻	↻	↻	

최적 상황(Optimal Setting)

123 + 4	32 + 4	27 + 4	31 + 4	11 + 4	244
↓ ↑	↻	↻	↻	↻	

연동 최적 상황(Progressive Optimal Setting)

118 + 4	35 + 4	26 + 4	30 + 4	11 + 4	240
↓ ↑	↻	↻	↻	↻	

Fig. 2.4 Intersection C(Jung - Bal - Jang - Gun Intersection).

外國에서는 一般的으로 幹線道路의 交叉路가 3支 交叉路(3-Leg Intersection)나 4支 交叉路(4-Leg Intersection)의 形態를 취하고 있는데 反하여 우리나라의 交叉路는 3支 交叉路나 4支 交叉路를 包含하여 그 以上の 多支 交叉路(Multi-Leg Intersection)等 多樣한 形態를 취하고 있고, 또한 交叉路上에 設置된 車線 幅(Lane Width)과 路面標紙가 一貫性있게 設計되었는지 않아 交叉路의 通行量(Traffic Flow) 및 道路容量 算定에 問題點이 많다. 따라서, 道路體系의 보다 信賴性 있는 分析을 爲해서 對象 交叉路의 車線

間隔과 路面標識를 實測하였고, 道路容量算定은 美國의 道路容量便覽(Highway Capacity Manual, HCM)과 關聯 소프트웨어인 TRANSYT-7F 中心으로 主 交通容量(Primary Traffic Capacity)과 補助 交通容量(Secondary Traffic Capacity)으로 區分하여 道路體系分析에 適用하였다.(參照 Fig. 2. 2. 2.3, 2.4)

資料分析의 結果로 研究對象道路의 道路幅(Breadth)은 35M인데 車道幅은 約 25M~32M로 나타났고, 中央 車線幅은 約 3.0M~3.6M였는데 右側 車線幅은 3.6M~5.0M以上으로 相當한 差異를 보이고 있었다. 또한, 交叉路의 各 車線容量算定은 交叉路의 路面上의 標示된 路面標紙와 導流畫(Channelization)가 實際 通行量의 方向에 適切하지 않아 交叉路의 通行遲滯가 增大되고 있었다. 게다가 道路 右側車線은 택시 및 一般車輛들의 常駐로 인하여 道路容量의 沮害要因이 됨으로써 車輛의 任意 遲滯(Random Delay)를 誘發시키고 있었다.

(3) 信號 體系 分析(Signal System Analysis)

一般的으로 信號 交叉路上에서는 車輛의 疏通狀態를 信號顯示(Signal Phase)와 信號時間(Signal Timing)으로 調整하게 되는데, 研究對象道路가 다른 幹線道路에 비하여 交通停滯가 深化되는 것은 交叉路의 信號體系가 通行量과 交叉路 幾何構造에 適切하지 않고 그 運營에도 問題點이 있다. 따라서, 研究對象 交叉路의 信號體系를 分析하기 위해 이미 觀測한 尖頭交通量과 交叉路의 幾何構造를 中心으로 信號週期(Cycle Length) 및 信號顯示(Signal Phase)에 대하여 觀測하였는데, 對象 交叉路들의 信號顯示는 주로 3顯示(Phase)와 5顯示(Phase)의 形態를 취하고 있었으며 信號週期는 160sec와 200sec로 나타났다.

資料分析의 結果로 市廳앞 交叉路(A 交叉路)의 信號週期는 160sec였고 3顯示로 運營되고 있었다. 특히, N-S 方向의 直進 交通量(Thru Traffic) 및 E-W 方向의 左回轉 交通量(Left-Turn Traffic)의 集中으로 因하여 綠色信號時間(Green Time)이 相對的으로 높게 配定되어 있었고 各 顯示마다 各 4sec의 黃色信號時間(Yellow Time)을 確保하고 있었다. 다음으로 東亞日報社앞 交叉路(B 交叉路)는 200sec의 信號週期和 3顯示로 運營되고 있었다. 특히, N-S 方向의 直進 交通量(Thru Traffic) 및 E-W 方向의 左回轉 交通量(Left-Turn Traffic)의 集中으로 因하여 綠色信號時間(Green Time)이 相對的으로 높게 配定되어 있었고 市廳앞 交叉路(A 交叉路)와 마찬가지로 各 顯示別로 各 4sec의 黃色信號時間(Yellow Time)을 確保하고 있었다. 마지막으로 정발將軍銅像앞 交叉路(C 交叉路)는 5支 交叉路(5-Leg Intersection)로서 信號週期는 市廳앞 交叉路和 마찬가지로 160sec였으나 顯示는 5顯示로 運營되고 있었다. 특히, N-S 方向의 直進 交通量(Thru Traffic)의 集中으로 因하여 直進方向의 綠色信號時間(Green Time)이 相對的으로 높게 配定되어 있었고 各 顯示別로 各 4sec의 黃色信號時間(Yellow Time)을 確保하고 있었다.(參照 Fig. 2.2, 2.3, 2.4).

(4) 交叉路 서비스 水準(Level of Service, LOS)分析

一般的으로 交叉路의 서비스 水準(Level of Service, LOS)分析에는 i) *v/c ratio* (volume-to-capacity ratio)에 의한 比較方式⁵⁾이나 ii) 平均遲滯時間(Average Delay)에 의한 比較方法⁶⁾ 등을 들 수 있다.

i) *v/c ratio*에 의한 比較方法⁵⁾

交叉路 分析의 基礎的인 指標이고 街路標紙나 交叉路의 疏通能力을 直接的으로 나타내는 方法으로서 *v/c ratio* (交通量과 交通容量의 比)가 使用된다. 특히, 美國의 道路容量便覽(HCM)에 따르면 道路의 交通容量(Capacity)은 飽和 交通量(Saturation Flow)과 信號運營體系에 의하여 決定되고 특히, 飽和 交通量(Saturation Flow)의 경우에는 車線數(Number of Lanes), 道路의 傾斜度(Grades)等 道路與件과 大型車輛(Heavy Vehicles)의 混在率에 따라 相當한 差異를 보이고 있는데, 이런 條件을 모두 考慮한 狀態에서 交通容量(Capacity, C_i)과 飽和 交通量(Saturation Flow, s_i)과 關係는 다음과 같다.

$$C_i = s_i \times (g/C)_i$$

여기에서, C_i = capacity of lane group or approach i in vph

s_i =saturation flow rate for lane group or approach i in vph
 $(g/C)_i$ =green ratio for lane group or approach i

따라서, 交叉路上的의 各 車線群(lane group)이나 또는 接近路(approach)上에서의 v/c ratio(X)는 다음과 같다.

$$X_i = (v/c)_i = v_i / [s_i \times (g/C)_i]$$

$$X_i = v_i C / s_i g_i = (v/s)_i / (g/C)_i$$

여기에서, X_i = v/c ratio for lane group or approach i ;
 v_i =actual flow rate for lane group or approach i in vph ;
 s_i =saturation flow rate for lane group or approach i in vph ; and
 g_i =effective green time for lane group or approach i in sec.

게다가, 信號交叉路 分析에 있어서 交叉路 容量의 效率性 概念의 *critical v/c ratio* (X_c)는 交叉路 全 車線群(lane group)이나 接近路(approach)上에서의 全般的인 v/c ratio로서 다음과 같다.

$$X_c = \sum_i (v/s)_{ci} \times [C/(C-L)]$$

여기에서, X_c =critical v/c ratio for the intersection ;
 $\sum_i (v/s)_{ci}$ =the summation of flow ratios for all critical lane groups or approaches i ;
 C =cycle length in sec : and
 L =total lost time per cycle : computed as the sum of "start-up" and change interval lost time minus the portion of the change interval used by vehicles for each critical signal phase.

ii) 平均遲滯時間(Average Delay)에 의한 比較方法⁶⁾

平均遲滯時間(Average Delay)의 比較를 통한 交叉路의 서비스 水準 分析에는 Webster Model, TRANSYT-7F Model, HCM Model, QUEUEING Model 등이 있으나, 本 研究에서는 Hill-Climbing Process의 TRANSYT-7F 模型을 利用한 Computer Program에 의해서 信號體系의 最適 遲滯時間을 算出하였다. 특히, TRANSYT-7F 模型을 利用한 交叉路의 遲滯時間에는 交叉路의 遲滯時間에는 交叉路의 待機行列로부터 算出되는 Uniform Delay(d_u)와 車輛의 任意 到着 및 飽和狀態로 인한 Random Delay(d_r)로 構成되어 있으며 總 遲滯時間(total delay, D)은 다음과 같다.

$$D = d_u + d_r$$

$$d_u = \frac{c}{3600N^2} \sum_i^N m_i$$

여기에서, D = total delay in veh-hr/hr ;
 d_u = uniform delay in veh-hr/hr ;
 C = cycle length in sec ;
 m_t = queue length during step t ; and
 N = number of steps in the cycle.

계다가

$$d_r = \left[\left(\frac{B_n}{B_d} \right)^2 + \frac{X^2}{B_d} \right]^{1/2} - \frac{B_n}{B_d}$$

여기에서, d_r = random and saturation delay ;
 $B_n = 2(1 - X) + XZ$;
 $B_d = 4Z - Z^2$;
 $Z = (2X/V) \times 60/T$;
 X = degree of saturation ;
 V = volume on the link ; and
 T = period length, normally 60 minutes.

따라서, 對象 交叉路上的 v/c ratio의 分析結果에 따르면 v/c ratio가 1.0以上인 車線(LOS F)의 경우 에는 車線의 疏通能力이 가장 낮은 車線으로 着做하여 方向別 車線計劃을 다시 檢討하거나 車線 容量을 擴充할 計劃을 다시 豎立해야 한다. 또한, 平均遲滯時間(Average Delay)의 分析結果에 따르면 車輛當 平均遲滯時間(Average Vehicle Delay)이 約 78sec를 超過하는 車線(LOS F)에 대해서는 마찬가지로 最惡의 서비스 水準을 갖는 車線으로 着做하여 全般的인 道路 및 車線計劃을 다시 豎立해야 하고, 交通體 系改善(Transportation Systems Management, TSM)方案에 대한 計劃도 이 結果에 따라 豎立되어

Table 2.1 Intersection A(Initial Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
City Hall Intersection	East Bound	Thru	2,400	0.88	44.3	168.98
		Right Turn	1,370	0.57	0.0	
	West Bound	Left Turn	750	1.19	381.1	
		Thru	1,990	0.62	18.9	
		Right Turn	670	0.37	0.0	
	North Bound	Left Turn	1,310	1.76	914.8	
		Thru	120	0.59	49.5	
		Right Turn	1,060	0.44	0.0	

Table 2.2 Intersection B(Initial Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Dong - A - II - Bo Intersection	West Bound	Left Turn	1,430	1.06	190.5	142.36
		Thru	310	0.43	57.3	
		Right Turn	580	0.24	0.0	
	North Bound	Thru	2,400	0.69	34.0	
		Right Turn	180	0.15	0.0	
	South Bound	Left Turn	510	2.45	1,281.0	
		Thru	1,910	0.50	14.9	
		Right Turn	80	0.07	0.0	

Table 2.3 Intersection C(Initial Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Jung - Bal - Jang - Gun Interscetion	West Bound	Left Turn	410	2.73	1,295.7	318.12
		Right Turn	30	0.24	0.0	
	South-East Bound	Left Turn	360	1.38	590.8	
		Right Turn	780	0.57	3.7	
	North-East Bound	Left Turn	370	2.47	1,215.3	
		Right Turn	30	0.02	0.0	
	North Bound	Left Turn	480	1.26	479.8	
		Thru	2,820	0.87	33.6	
		Right Turn	90	0.06	0.0	
	South Bound	Left Turn	210	1.11	275.8	
		Thru	2,680	1.22	397.0	
		Right Turn	50	0.08	0.0	

Table 2.4 Intersection A(Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
City Hall Intersection	East Bound	Thru	2,400	1.00	74.0	143.11
		Right Turn	1,370	0.58	0.0	
	West Bound	Left Turn	750	1.02	133.0	
		Thru	1,990	0.65	21.3	
	North Bound	Right Turn	670	0.37	0.0	
		Left Turn	1,310	1.66	809.2	
		Thru	120	0.56	47.0	
		Right Turn	1,060	0.44	0.0	

Table 2.5 Intersection B(Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Dong - A - Il - Bo Intersection	West Bound	Left Turn	1,430	0.97	49.0	77.57
		Thru	310	0.39	26.7	
		Right Turn	580	0.24	0.0	
	North Bound	Thru	2,400	0.99	47.8	
		Right Turn	180	0.15	0.0	
	South Bound	Left Turn	510	1.56	705.9	
		Thru	1,910	0.56	10.9	
		Right Turn	80	0.07	0.0	

Table 2.6 Intersection C(Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Jung - Bal - Jang - Gun Intersection	West Bound	Left Turn	410	1.12	313.9	91.01
		Right Turn	30	0.02	0.0	
	South-East Bound	Left Turn	360	1.16	409.1	
		Right Turn	780	0.62	7.4	
	North-East Bound	Left Turn	370	1.01	174.7	
		Right Turn	30	0.02	0.0	
	North Bound	Left Turn	480	0.91	109.6	
		Turn	2,820	0.80	41.7	
		Right Turn	90	0.07	0.0	
	South Bound	Left Turn	210	1.03	229.1	
		Turn	2,680	0.98	71.5	
		Right Turn	50	0.08	0.0	

Table 2.7 Intersection A(Progressive Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
City Hall Intersection	East Bound	Thru	2,400	1.00	104.4	152.70
		Right Turn	1,370	0.57	0.0	
	West Bound	Left Turn	750	1.02	158.8	
		Thru	1,990	0.66	28.0	
	North Bound	Right Turn	670	0.37	0.0	
		Left Turn	1,310	1.55	798.5	
		Thru	120	0.52	60.5	
			Right Turn	1,060	0.44	

Table 2.8 Intersection B(Progressive Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Dong - A - Il - Bo Intersection	West Bound	Left Turn	1.430	0.98	99.6	74.40
		Thru	310	0.39	64.4	
		Right Turn	580	0.24	0.0	
	North Bound	Thru	2.400	0.98	60.0	
		Right Turn	180	0.15	0.0	
	South Bound	Left Turn	510	1.16	378.0	
		Thru	1.910	0.51	26.8	
		Right Turn	80	0.07	0.0	

Table 2.9 Intersection C(Progressive Optimal Settings).

Node Number	Approach	Lane Group Movement	Traffic Volume (PCU/hr)	X=v/c ratio	Average Delay (sec)	Average Delay on the Node (sec)
Jung - Bal - Jang - Gun Intersection	West Bound	Left Turn	410	1.00	167.3	86.10
		Right Turn	30	0.02	0.0	
	South-East Bound	Left Turn	360	1.19	411.1	
		Right Turn	780	0.63	9.0	
	North-East Bound	Left Turn	370	0.91	119.8	
		Right Turn	30	0.02	0.0	
	North Bound	Left Turn	480	0.91	131.3	
		Thru	2.820	0.82	27.0	
		Right Turn	90	0.07	0.0	
	South Bound	Left Turn	210	1.05	249.8	
		Thru	2.680	0.01	95.6	
		Right Turn	50	0.08	0.0	

저야 한다.(參照 Table2.1~2.9)

III. 結 論

釜山地域에서 帶狀型으로 걸쳐있는 研究對象道路(中央路)는 核心 幹線道路(Main Arterial)로서 交通軸의 重築役割을 擔當하고 있고 研究對象道路上的의 市廳地域은 主要 都心地域으로 다른 어느 地域보다도 交通問題의 解決이 要求되고 있다. 따라서, 市廳地域을 中心으로 3個의 對象 交叉路에 대하여 既存의 信號體系가 現 通行體系와 道路體系下에서 어느 程度 適切하게 運營되고 있고, 또한 既存 信號交叉路의 信號週期 및 顯示를 交通狀況에 適合하도록 再調整하였을 때 어느 程度의 交通遲滯를 減少시킬 수 있으며,

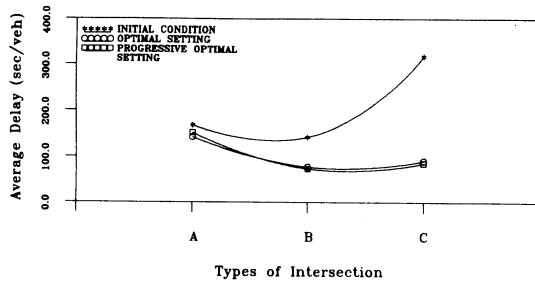


Fig. 2.6 Comparison of Average Delay.

交通量을 疏通시켜야 하며 車線容量을 超過하는 左回轉 交通量(Left-turn Traffic Volumes)을 處理해야 하는 問題로 交叉路 全體의 平均遲滯時間(Average Delay)은 約 169.0sec/veh로 나타났으나, 市廳앞 交叉路의 信號週期를 最適 信號週期인 162sec로 하고 各 顯示別 時間을 Fig.2.2와 같이 調整할 경우 交叉路 全體의 平均遲滯時間이 143.1sec/veh로 約 15.3%가 減少함을 알 수 있었다. 다음으로 東亞日報社앞 交叉路(B 交叉路)의 경우 現在 200sec의 信號週期和 3顯示로 7.400pcu의 尖頭交通量을 處理해야 하는 狀況下에서 平均遲滯時間이 142.4sec/veh를 나타내고 있으나 Fig.2.3과 같이 98sec의 最適 信號週期和 3顯示로 運營하였을 경우에 平均遲滯時間이 77.6sec/veh로 約 45.5%의 遲滯時間이 減少함을 알 수 있었다. 마지막으로 正발將軍銅像앞 交叉路(C 交叉路)의 경우 8.310pcu의 尖頭交通量을 160sec의 信號週期和 5顯示로 運營할 때 平均遲滯時間은 318.1sec/veh로 나타났으나 Fig.2.4와 같이 244sec의 最適 信號週期和 5顯示로 運營하였을 경우에 91.0sec/veh으로 平均遲滯時間이 減少함으로써 約 71.4%의 遲滯時間이 減少함을 알 수 있었다.(參照 Fig. 2.6) 따라서, 幹線道路의 疏通體系를 改善시키고 交叉路의 通行遲滯를 減少시키기 위해서는 幹線道路를 中心으로 左回轉車線의 適定配分과 함께 交通量의 變化에 따른 最適의 交叉路 信號體系가 構築되어야 할 것으로 생각되었다.

2) 3개의 研究對象 交叉路에 대하여 既存의 顯示를 變更하지 않고 同時에 聯動化를 시켰을 경우에 最適의 信號週期는 240sec로 나타났다.(參照 Fig.2.2, 2.3 및 2.4) 특히, 市廳앞 交叉路(A 交叉路)에서는 152.7sec/veh의 遲滯時間이 豫測되었고, 東亞日報社앞 交叉路(B 交叉路)에서는 74.4sec/veh의 遲滯時間이 豫測되었으며, 正발將軍銅像앞 交叉路(C 交叉路)에서는 86.1sec/veh의 遲滯時間이 豫測됨으로써 交叉路를 聯動化시켰을 경우에 最適狀態의 獨立交叉路 方式에 比하여 約 1.1sec/veh의 微微한 程度의 通行遲滯가 增加하는 것으로 나타났다.(參照 Fig. 2.6) 이는 幹線道路를 中心으로 各 交叉路 사이의 道路幅 및 車線幅의 不均衡, 道路 右側車線에 常駐하고 있는 不法 駐停車量들로 인한 一時的인 병목現象 (Bottle-neck)과 方向別 交叉路사이의 流出入通行量(Mid-block Traffic Volumes)의 變動幅이 相對的으로 크기 때문에 나타나는 結果이므로 各 信號交叉路의 顯示調整 및 幾何構造의 改善를 통한 幹線道路의 交通體系를 再整備한 狀態에서 交叉路 信號體系의 聯動化를 再檢討할 必要가 있는 것으로 생각되었다.

3) 研究對象 信號交叉路의 信號體系를 通行狀態에 適合하도록 最適의 通行體系 및 聯動化體系를 構築하여 그 흐름도(Flow Profile Diagrams)를 통해 車輛의 疏通狀態를 比較하여 보자. 특히, 車輛의 흐름도에서 보여주듯이 綠色信號時間帶(Green Time Interval)에는 通過車輛이 相對的으로 늘어나고 赤色

研究對象 交叉路의 疏通能力을 어느 程度 增大시킬 수 있는지를 分析하였다.

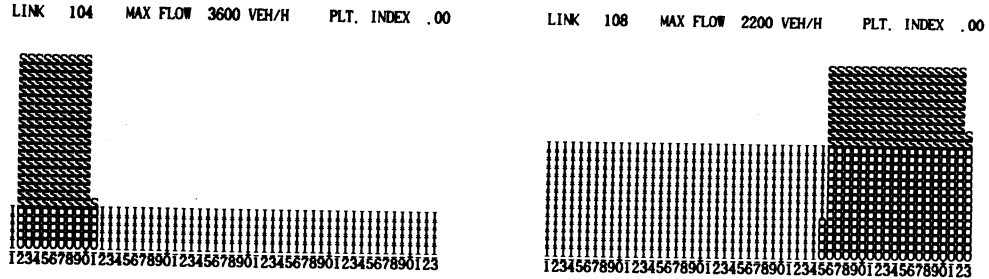
信號體系 最適化를 利用한 交叉路의 疏通體系를 分析한 結果 다음과 같은 結論에 到達할 수 있었다.

1) 市廳앞 交叉路(A 交叉路)는 現在 160sec의 信號週期(Cycle Length)와 3顯示(Phase)로 運營되고 있는데, 尖頭時間帶에 9.670pcu의 尖頭交

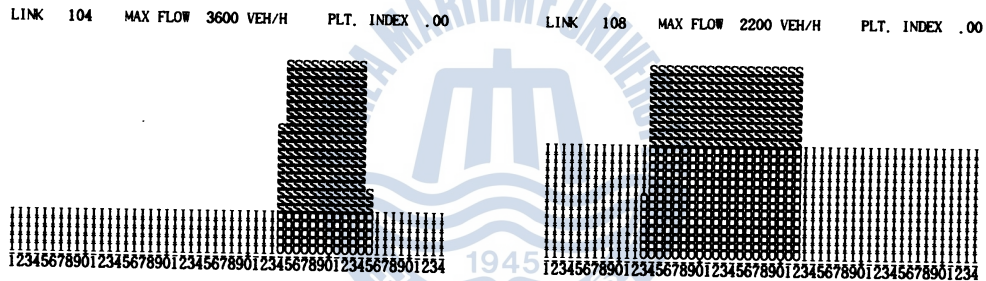
< TRANSYT - 7F FLOW PROFILE DIAGRAMS >

I. LEFT-TURN LANES(LINK 104 AND LINK 108) AT INTERSECTION A

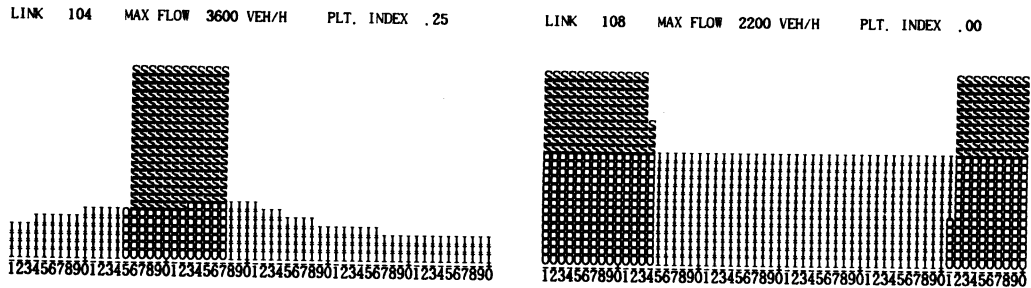
i) INITIAL SETTINGS



ii) OPTIMAL SETTINGS



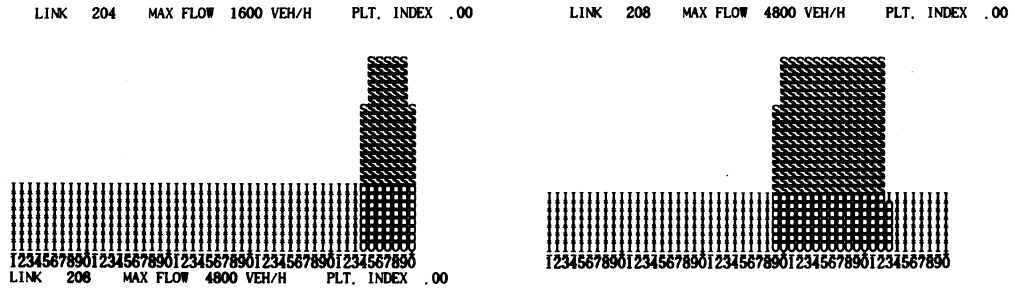
iii) PROGRESSIVE OPTIMAL SETTINGS



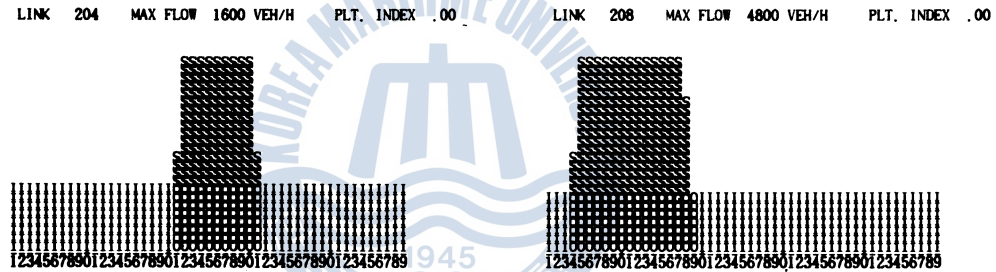
- KEY -
- I : ARRIVALS THAT QUEUE(NORMALLY ON RED).
 - S : DEPARTURES FROM QUEUE(NORMALLY AT THE SATURATION FLOW RATE).
 - O : ARRIVALS AND DEPARTURES ON GREEN.
 - , + : DELINEATORS("+ MARKS EVERY TENTH STEP).
 - N : THE NUMBERS ACROSS THE BOTTOM ARE A TIME SCALE IN UNITS OF STEPS.

II. LEFT-TURN LANES(LINK 204 AND LINK 208) AT INTERSECTION B

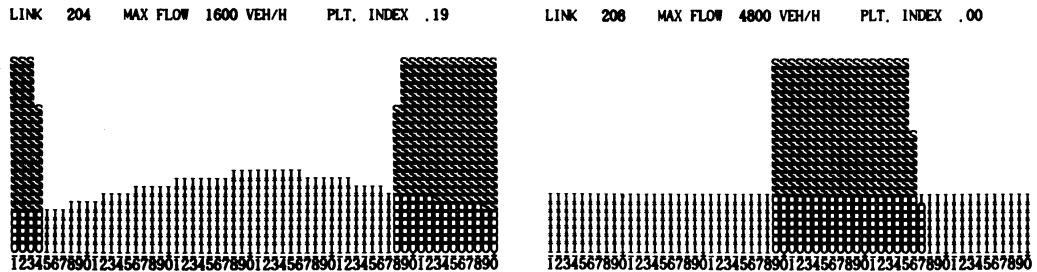
i) INITIAL SETTINGS



ii) OPTIMAL SETTINGS



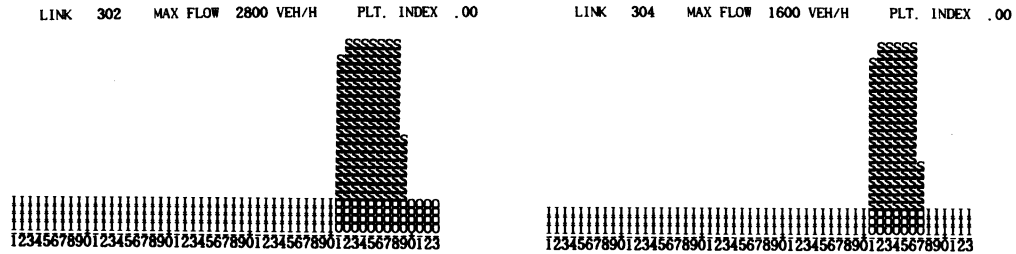
iii) PROGRESSIVE OPTIMAL SETTINGS



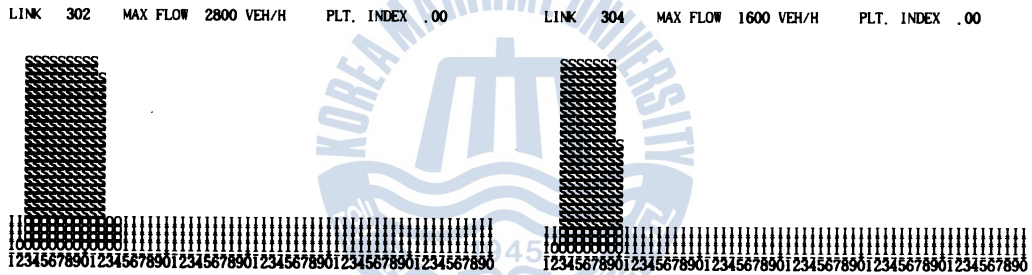
- KEY -
- I : ARRIVALS THAT QUEUE(NORMALLY ON RED).
 - S : DEPARTURES FROM QUEUE(NORMALLY AT THE SATURATION FLOW RATE).
 - O : ARRIVALS AND DEPARTURES ON GREEN.
 - , + : DELINEATORS("+ MARKS EVERY TENTH STEP).
 - N : THE NUMBERS ACROSS THE BOTTOM ARE A TIME SCALE IN UNITS OF STEPS.

III. LEFT-TURN LANES(LINK 302 AND LINK 304) AT INTERSECTION C

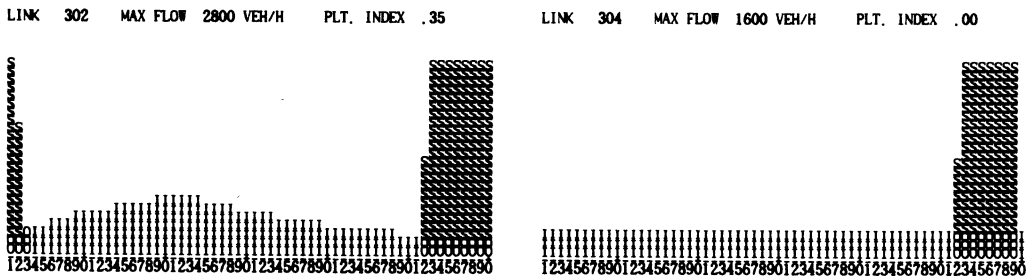
i) INITIAL SETTINGS



ii) OPTIMAL SETTINGS



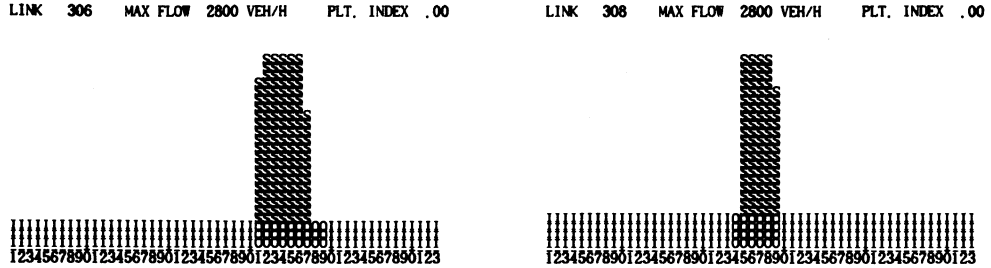
iii) PROGRESSIVE OPTIMAL SETTINGS



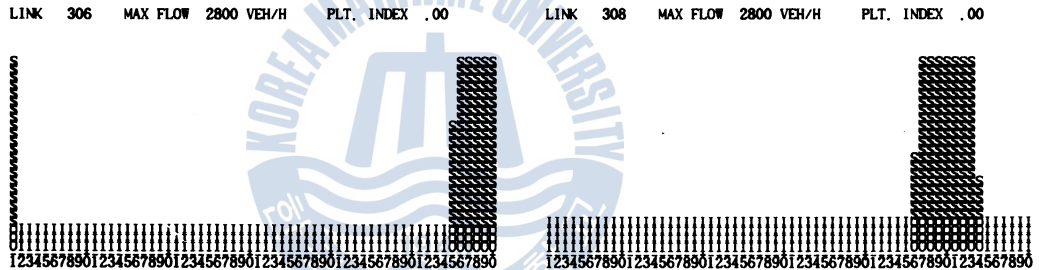
- KEY -
- I : ARRIVALS THAT QUEUE(NORMALLY ON RED).
- S : DEPARTURES FROM QUEUE(NORMALLY AT THE SATURATION FLOW RATE).
- O : ARRIVALS AND DEPARTURES ON GREEN.
- , + : DELINEATORS("+ MARKS EVERY TENTH STEP).
- N : THE NUMBERS ACROSS THE BOTTOM ARE A TIME SCALE IN UNITS OF STEPS.

IV. LEFT-TURN LANES(LINK 306 AND LINK 308) AT INTERSECTION C

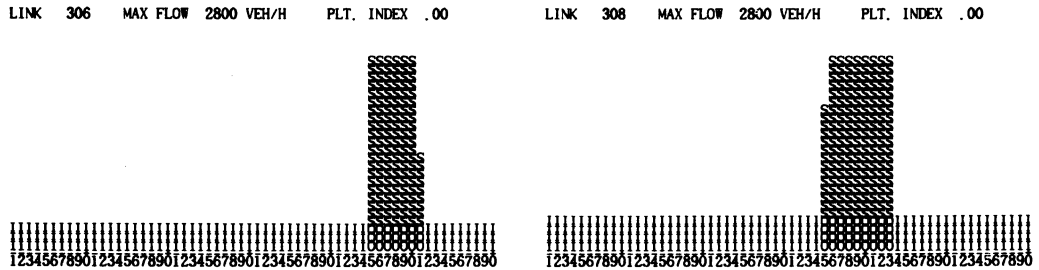
i) INITIAL SETTINGS



ii) OPTIMAL SETTINGS



iii) PROGRESSIVE OPTIMAL SETTINGS



- KEY -
- I : ARRIVALS THAT QUEUE(NORMALLY ON RED).
 - S : DEPARTURES FROM QUEUE(NORMALLY AT THE SATURATION FLOW RATE).
 - O : ARRIVALS AND DEPARTURES ON GREEN.
 - . + : DELINEATORS("+ MARKS EVERY TENTH STEP).
 - N : THE NUMBERS ACROSS THE BOTTOM ARE A TIME SCALE IN UNITS OF STEPS.

信號時間(Red Time Interval)에는 待機車輛이 相對的으로 줄어들어 交叉路上에서의 遲滯時間이 減少하고 있음을 보여줌으로써 信號交叉路의 最適設計(Optimal Design) 및 聯動最適設計(Progressive Optimal Design)의 妥當性を 立證하여 주고 있다.(參照 Flow Profile Diagrams I, II, III, IV)

參考文獻

- 1) C.K.Orski, "The Politics of Traffic Congestion." ITE Journal, Feb. 1989, pp. 31 - 32.
- 2) A.K.Rathi, and E.B.Lieberman, "Reducing Traffic Congestion in Herald Square." ITE Journal, Sept. 1986, pp. 27 - 31.
- 3) 交通開發研究院, "釜山直轄市 停車場整備計劃," 1991, 1.
- 4) 金殆坤, "交通滯症緩和를 위한 都市交通體系 改善方案에 關하여," 釜山直轄市市政研究, 1991, 12.
- 5) Transportation Research Board, "Highway Capacity Manual." TRB, Special Report 209, 1985.
- 6) McTrans, TRANSYT - 7F Software User's Manual, The Center of Microcomputers in Transportation, Univ. of Florida, July, 1986.



