

□ 論 文 □

교차로 방향별 차선공동이용 연구
交叉路 方向別 車線共同利用 研究

김 동 영
金 東 寧

(檀國大土木工學科 助教授)

目 次

- I. 序 言
- II. 共同利用의 方法 및 施行上의 問題點
- III. 適用上의 諸要素 分析
- IV. 結 語

ABSTRACTS

Alternate use of lane at a signalized intersection is a quite different control of the operation of an intersection. This control introduces a new stop line and signal before the original stop line. All of the lanes between the two stop lines are used for left turn traffic or through traffic at a time. The purpose of the control is increasing the capacity of an intersection without widening the approach width.

This paper contains a study on the condition fo application, the proper distances between the two stop lines, the reasonable offsets(rear) to guarantee clearing the vehicles of previ-ous phase, the comparison of approach capacity between the existing control and this control.

The study results reveals that the offsets(rear) are rather stable showing the range(maxi-mum value minus minimum value) of it's value does not exceed 3.6 seconds according to the field data. The approach capacity will be increased by 27%, 43%, 59%, 84% when the distances between the stop lines are 30.0m, 47.5m, 66.0m, 93.0m respectively. The control might have theoretical limitation to operate in practice. So an experimental application of the control at some suitable intersections prior to expanding it.

I. 序 言

우리나라 自動車保有水準은 '87年 2月末 現
在 약 134萬台로 '83年末의 79萬台에 비해 1.7
배에 해당되며 年平均 19%씩 增加해 왔다.

이것은 人口 30人當 1台 水準으로 先進國의 2
人當 1台 水準까지 增加한다고 가정하면 將來
의 自動車 增加는 계속 빠른 속도를 보일 展
望이다.

그런데 最近의 都市交通疏通狀態는 순조롭

지 못하며 非尖頭時間帶에도 混雜이 계속되는 등 만성적인 지체를 나타내는 곳이 늘어나고 있다. 이에 대응하기 위한 施設投資, TSM事業, 적절한 交通政策 등에 힘입어 많은 효과를 거두고 있으나 需要의 增加에 副應하기는 어려운 實情이다.

본 研究는 이러한 現實에 대한 解決策의 일환으로 信號燈이 있는 交叉路의 通行方法을 改善함으로써 交叉路의 容量 增大方案을 摸索하고자 하였다.

本 研究의 範圍는 車線共同利用制度의 方法과 運營에 따른 事項을 서술하고 適用可能要件과 問題點을 기술하며 後方停止線까지의 距離, 운행시간의 算定方法, 既存制度와의 容量比較하는 것 등을 包含한다. 本 研究에서는 車輛의 行態를 把握하기 위하여 特定地點에서 車輛群(platoon)의 速度를 調査하여 現地適用 可能性을 檢討하고자 하였다.

II. 共同利用의 方法 및 施行上의 問題點

1. 車線共同利用의 方法

交叉路 부근의 車線은 普通 직진과 좌회전, 우회전 등 方向別 車線이 指定되어 있다. 따라서 道路의 全體 接近幅 中 각 페이즈마다 해당 方向의 차선수만큼만 利用되고 있다. 이 경우 道路의 利用率은 매우 낮다. 예를 들어 편도 4차선인 主道路와 편도 2차선인 종도로에서 左回轉 페이즈 때의 道路 利用率은 右回轉 車輛을 무시한다면 全體 車線數의 17%밖에 되지 않는다. 이와 같이 낮은 道路의 利用率 때문에 交叉路 容量이 單路部(roadway section) 容量에 비해 현저하게 떨어지는 원인이 됨은 잘 알고 있는 事實이다.

道路의 利用率을 提高하기 위한 方案의 하나로 접근부의 車線을 각 페이즈마다 전부 利用하는 方法을 考慮해 보고자 한다. 즉 左回轉시에는 접근차선 모두를 左回轉에 이용하고 직진시에는 접근차선 모두를 직진에 利用하는 方法이다. 이것은 交叉路 後方 적절한 地點

에 별도의 停止線(이하 後방정지선이라 함)을 설치하여 既存의 停止線과 後방정지선 사이의 부분(이하 '貯藏區間')을 信號顯示에 맞추어 全體를 左回轉 또는 右回轉으로 交代로 利用하는 方法이다. 信號燈은 交叉路外에 後方 停止線에도 設置하여야 하며 각각 S_1 , S_2 라 할 경우 信號燈 S_1 과 S_2 는 週期는 같게 하고 距離와 車輛速度에 맞춘 운행을 算定하여야 하며 하나의 제어기에 연결되어야 한다.

<表 1>과 <圖 1-1>에서 <圖 1-6>은 片道 6車線인 主道路와 片道 2車線인 從道路가 만나는 交叉路에서 從道路의 양쪽 接近部에 後方 停止線을 設置하여 運營하는 경우에 대해서 각 顯示때의 車輛의 흐름을 例示한 것이다. 信號燈의 顯示順序는 既存의 左回轉→直進→停止로 하는 대신에 左回轉→停止→直進→停止로 하였는데 이렇게 변경한 理由는 左回轉 또는 直進하기 위한 車輛이 停止線과 後方 停止線사이에서 待期하기 위한 준비에 必要한 時間을 마련하는데 有利하기 때문이다. <圖 1-1>은 從道路의 左回轉이 進行되고 後方 停止線에서는 左回轉車輛이 進入하고 直進車輛은 停止하고 있는 狀態이며 <圖 1-2>는 交叉路에서는 左回轉이 계속되고 있으면서 後方 停止線에서는 赤信號를 點燈하여 모든 車輛의 進入을 잠시 中斷한 후 적절한 시각에 직진차량의 진입을 허용하는 狀態를 나타낸다. <圖 1-3>은 從道路의 左回轉이 끝나고 赤信號가 꺼진 후 主道路의 左回轉이 進行되는 中이며 同時에 從道路의 直進車輛이 그 다음 顯示(phase)때의 進行을 위하여 待期를 完了하고 있는 狀態이고 左回轉車輛은 後方 停止線에서 停止하고 있다. <圖 1-4>에서 <圖 1-6>까지는 從道路에서 直進이 이루어지고 主道路에서 直進이 이루어지는 狀態를 보이는 것인데 左回轉이 이루어질 때와 方法論에 있어서는 同一하다.

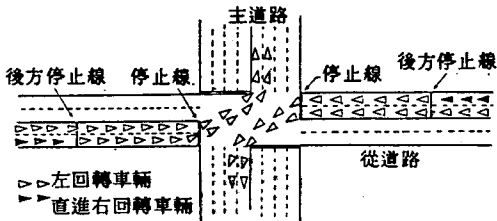
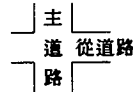
2. 適用可能地域의 條件

이 制度는 모든 交叉路에 適用이 可能한 것

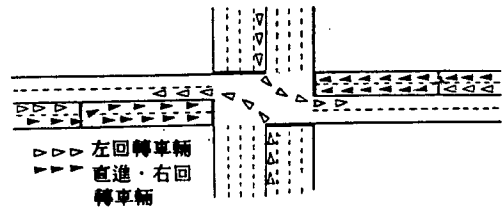
〈表 1〉 交叉路 및 後方停止線에서의 信號顯示方法

順 序	交 叉 路	從道路의 後方停止線	運 行 方 法
1			主道路：赤信號 從道路：交叉路→左回轉 後方停止線→左回轉車輛만 進入
			主道路：赤信號 從道路：交叉路→左回轉 後方停止線→左回轉車輛停止, 直進車輛進入
2			主道路：左回轉 從道路：交叉路→赤信號 後方停止線→直進車輛繼續進入
			主道路：赤信號 從道路：交叉路→直進 後方停止線→直進車輛繼續進入
3			主道路：赤信號 從道路：交叉路→直進 後方停止線→直進車輛停止, 左回轉車輛進入
			主道路：直進 從道路：交叉路→赤信號 後方停止線→左回轉車輛繼續進入

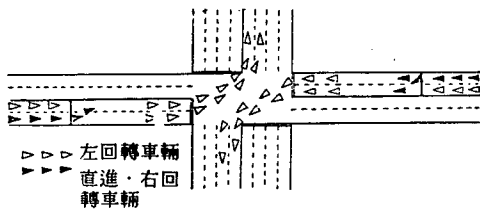
註：主道路는 南北方向이고 從道路는 東西方向인 경우임



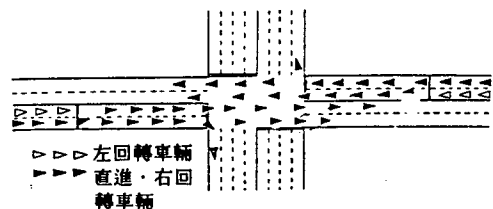
〈圖 1-1〉 從道路의 左回轉, 後方停止線→左回轉만 進入



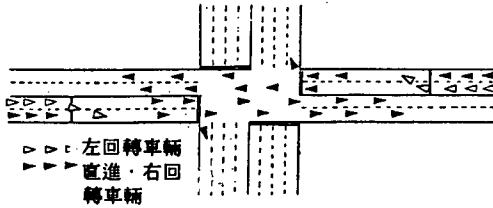
〈圖 1-3〉 主道路의 左回轉 및 從3道路 直進 待期完了後



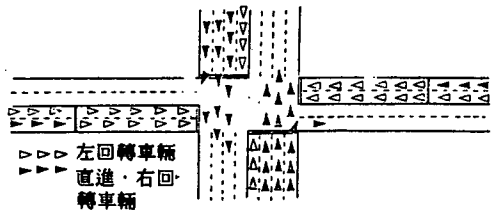
〈圖 1-2〉 從道路의 左回轉, 後方停止線→赤信號後 直進 進入



〈圖 1-4〉 從道路의 直進, 後方停止線→直進車輛進入



〈圖 1-5〉 從道路 直進, 後方停止線→
赤信號後 左回轉進入



〈圖 1-6〉 主道路 直進, 從道路 左回轉待期完了

은 아니며 周邊地域의 交通 및 道路의 條件이 適合하여야 하는데 그 內容은 다음과 같다.

- 左回轉交通量이 많아 지체가 심하고 左回轉포켓 등의 追加적인 車線設置로 解決이 어려운 곳

- 인접交叉路의 遲滯로 인한 待期車輛의 행렬이 해당 交叉路의 通行에 障礙를 주지 않을 만큼 充分한 交叉路 間隔을 가진 곳

- 交叉路 接近部에서 버스정류장이 充分한 거리에 있어야 하고 接近부에 進出入하는 도로가 없는 곳

- 右回轉車輛이 直進車輛의 흐름을 방해하지 않도록 하기 위하여 횡단보도(主道路의)가 交叉路에서 적정거리 이상 떨어져 있는 곳

- 運轉者 教育을 통하여 本 制度의 運行方式을 熟知시키고 信號燈의 고장에 대비하여 手信號가 가능한 곳

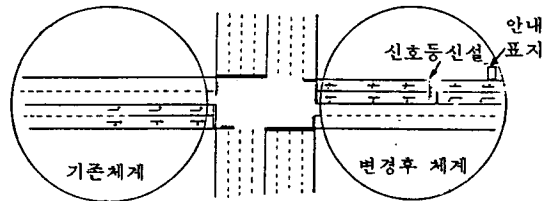
上記한 條件들을 만족하는 交叉路에 本 制度를 適用하려면 다음의 몇가지 事項들이 事前에 考慮되어야 한다.

- 後方停止線 位置에 信號燈 新設: 信號燈의 種類는 일반 信號燈과 車線別로 進

行과 停止를 指定하는 車線利用信號燈(lane use signal)中 擇一할 수 있으나 後者가 바람직함

- 路面標識의 變更: 運轉者는 車線選擇을 좀 더 빨리 해야하기 때문에 左回轉 또는 直進등의 路面標識을 交叉路에서 더 먼地點에서부터 표시해야 한다.

- 案内標識板의 設置: 本 制度가 시행되는 交叉路임을 알리는 案内標識가 設置되어야 한다.



〈圖 2〉 路面標識·案内標識板·信號燈의 設置

3. 後方停止線과 交叉路停止線間的 距離 前後方停止線 사이의 空間은 일종의 '貯藏 탱크'와 같은 役割을 擔當하는 區間이다. 이 距離는 信號顯示의 길이에 正比例하게 되며 左回轉과 直進의 顯示길이 가 다를 경우에는 짧은 顯示에 支配될 것인데 이 距離의 最大값 (D_{max})은 다음과 같이 계산된다.

$$D_{max} = \text{Min} \left\{ \frac{t_{LT} \times S}{h_{LT}}, \frac{t_{TH} \times S}{h_{TH}} \right\}$$

但, D_{max} : 前後停止線間的 最大距離(m)

t_{LT} : 左回轉 顯示時間(秒)

t_{TH} : 直進 顯示時間(秒)

h_{LT} : 飽和交通流狀態때의 左回轉 平均車頭時間(秒)

h_{TH} : 飽和交通流狀態때의 直進 平均車頭時間(秒)

S: 停止狀態때의 平均車頭距離(Spacing) (m)

이와같이 計算된 最大距離보다 더 큰값을 적용하게 되면 앞 현시의 차량(예를들어 좌회

전)이 그 다음 현시의 차량(직진)의 진행을 방해하게 된다. 용량을 최대한 크게 하기 위하여서는 가급적 최대값에 가까운 값을適用함이 바람직하다.

4. 信號윤셀값 算定(圖 4의 Δt_2 의 값)

交叉路 信號燈과 後方信號燈間의 윤셀값은 앞단계 顯示때의 車輛이 完全히 一掃될 수 있도록 하여야 한다. 윤셀값이 너무 작게 設定되면 後方停止線을 通過한 車輛이 交叉路停止線을 通過하지 못하는 混亂이 發生되고 너무 길게 設定될 경우 交叉路를 利用하는 車輛은 없고 綠色信號만 켜져 있는 非效率를 招來할 것이므로 주의할 必要가 있다. 만약 前後方 停止線 사이에 탐지기가 設置되어 最終進入한 車輛이 交叉路를 通過할 수 있을 만큼 綠色信號를 延長시켜 준다면 混亂이 發生되는 일은 防止될 수 있을 것이다.

前後方停止線間의 間隔이 決定되면 두 地點 사이의 윤셀은 車輛群의 速度에 맞추어 算定될 수 있다. 車輛群의 速度는 停止狀態에서 출발하는 速度이므로 車輛의 加速能力과 매우 密接한 關係가 있다. 車輛의 待機行列中에 大型트럭과 같은 加速能力이 낮은 車輛이 있을 때는 追越이 不可能할 것이므로 車輛群의 速度는 低速車輛에 支配된다.

한편 윤셀(Δt_2)은 停止線間의 距離D가 D_{max} 값과 같을 때는 正確한 算定이 그다지 필요하지 않으며 D가 D_{max} 보다 작을 때에 주의해서 결정해야 할 것으로 판단된다.

다음은 前後方停止線間의 距離 D가 결정되었을 때 윤셀값 t_0 를 計算하는 方法을 나타내고자 한다. 정지상태의 車輛이 加速하여 一定한 速度(V)가 될 때까지 加速하다가 그 이후 부터는 等速度로 走行한다고 假定하면 윤셀값 t_0 는 加速時의 走行時間(t_1)과 等速走行時의 時間(t_2)의 和으로 나타난다. 卽

$$t_0 = t_1 + t_2$$

$$t_1 = \frac{V}{a}$$

$$t_2 = \frac{d_2}{V}$$

$$d_2 = D - d_1$$

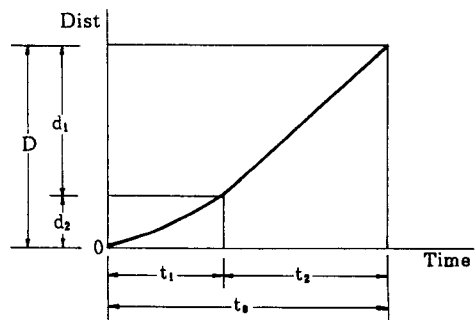
$$d_1 = \frac{1}{2} a t_1^2$$

但, a : 加速度(여기서는 $1.47m/sec^2$ 을 사용¹⁾)
 V : 運行速度($40km/hr$ 또는 $11.1m/sec$ 를 사용)

- D : 前後方停止線間의 距離(m)
- d_1 : 加速時間동안의 走行距離(m)
- d_2 : 等速期間동안의 走行距離(m)
- t_1 : 加速期間동안의 走行時間(秒)
- t_2 : 等速期間동안의 走行時間(秒)

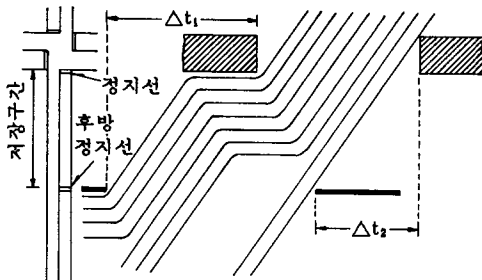
車輛의 加速度를 $1.47m/sec^2$ 으로 보고 $40km/Hr$ 의 速度가 되면 等速度로 運行한다고 가정하면 윤셀값은 거리가 $30m, 47.5m, 66m, 93m$ 일때 각각 $6.4초, 8.1초, 0.7초, 12.2초$ 로 後術할 觀測值와 類似한 값을 보이고 있다. 그런데 여기서 計算된 윤셀값은 平均的인 意味를 가지는 것이며 道路의 從斷勾配, 車種構成, 車線幅 등에 따라 車輛群의 加速度 또는 速度가 다를 것이므로 그대로 現地適用하기에는 問題點이 있다.

한편 交叉路의 車輛을 一掃(clear)하기 위한 方法으로 黃色信號길이를 길게 해주고 있다. 本制度를 施行할 경우에 黃色信號길이를 특별히 더 길게 할 必要는 없으며 앞차량의 一掃는 윤셀값으로 調整되어야 할 것으로 判斷된다.

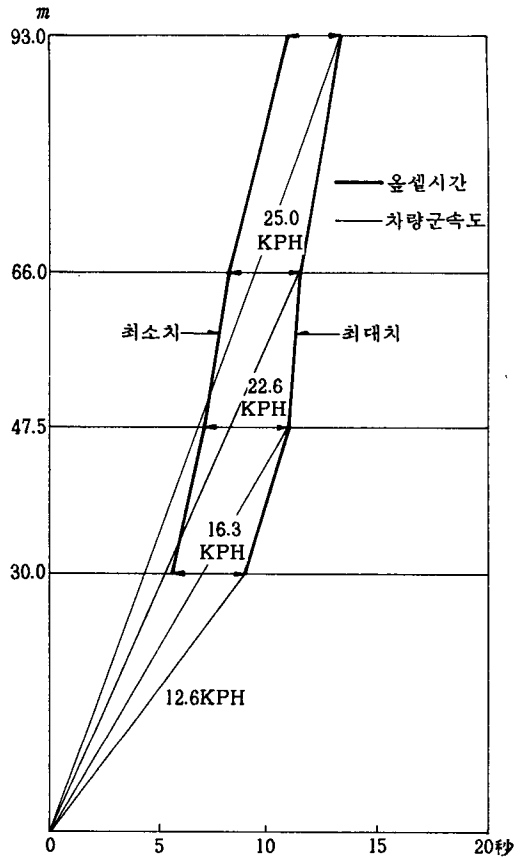


<圖 3> 加速 및 等速區間의 時間-距離曲線

다음은 實際에 있어서 車輛群의 速度가 安定的인가의 如否를 觀測하기 위하여 假想的인 後方停止線을 距離가 30.0 m, 47.5 m, 66.0 m, 93.0 m인 地點에 設定하고 各地點에서 停止狀態에 있던 車輛이 出發하여 交叉路停止線을 통과하는 時刻까지의 時間(윤셀)을 측정하고 그 사이에 貯藏되어 있던 車輛의 台數를 관측하였다. 또 靑色信號가 켜진 시각을 측정함으로써 平均 車頭時間(Headway)을 算定해 보았다. <圖 4>는 本制度 施行時의 時空圖의 一例를 보인 것인데 일반적으로 윤셀 산정에서 主要하게 취급되는 Δt_1 (지체시간을 줄일 수 있도록 결정)보다 여기서는 후방정지선 통과차량이 交叉로를 통과할 수 있도록 算定되어야 할 Δt_2 값에 調査를 集中하였다. <圖 5>는 Δt_2 값을 各地點의 여러 標本들을 整理하여 圖示하였다. 4個地點의 Δt_2 값은 30.0 m 地點에서 最大값 最少값이 各各 6.0초 9.0초 47.5 m 地點은 各各 7.0초, 10.0초, 66.0 m 지점은 各各 8.0초, 11.0초, 93 m 지점에서는 11.0초 13.0초로 觀측되었다. 이는 앞의 이론적 제산치인 6.4초, 8.1초, 9.7초, 12.2초와 큰 차이가 없으며 各 지점의 최대값과 최소값의 範圍가 2.0초~3.6초로 윤셀시간이 비교적 安定的임을 알 수 있었다. 윤셀이 가장 큰 표본에 대한 車輛群의 速度는 各各 12.6 km/hr, 16.3 km/hr, 22.6 km/hr, 25 km/hr로 距離가 멀수록 增加하고 있다.

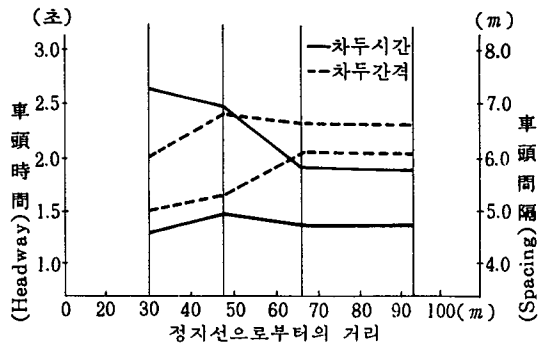


<圖 4> 時空圖에서 本 윤셀時間



<圖 6> 거리별 윤셀시간 조사치 (Δt_2)

<圖 6>는 各 地點에서의 車頭時間(Headway)과 車頭間隔(Spacing)을 圖示한 것인데 距離가 멀어짐에 따라 安定되어 감을 볼 수 있다.



<圖 5> 차두시간 및 차두간격

이는 計算過程에서 처음 3대를 제외시키지 않았기 때문인 것으로 생각된다. 66.0m와 93.0m에서의 車頭時間이 1.3초~1.9초사이에 分布하고 車頭間隔은 乘用車 基準으로 6.0~6.6m 程度로 觀測되었다.

5. 接近部の 容量比較

本制度의 目的은 交叉路의 容量增大에 있으며 既存制度下에서의 交通容量과 比較해 보고자 한다. 잘 알려진 바와 같이 1985년에 改正된 HCM에 의하면 信號交叉路의 飽和交通容量을 나타내는 公式³⁾은 아래 式과 같다.

$$S = S_0 N f_w f_{HV} f_g f_p f_{bb} f_s f_{RT} f_{LT}$$

S : 주어진 條件下에서의 飽和交通容量

S₀ : 理想的 條件下에서의 車線當 飽和交通容量

N : 車線數

f_w, f_{HV}, f_g, f_p, f_{bb}, f_s, f_{RT}, f_{LT} : 補正係數(各各 車線幅, 重車輛, 勾配, 駐車, 버스 停留場, 土地利用, 右回轉, 左回轉에 관한 補正係數)

容量의 比較는 車線數, 信號週期, 貯藏區間의 길이에 따라 行하여야 할 것이나 便宜上 片道2車線인 하나의 接近部에 대해서 比較하도록 한다. 既存制度의 運用方法은 1車線은 左回轉車線으로 利用되는 것으로 가정하고 本制度에서는 2個車線이 同時에 左回轉 또는 直進車線으로 利用되는 것으로 가정하되 貯藏구간의 길이各 30.0m, 47.5m, 66.0m 93.0

m인 경우에 대해서 比較하도록 하였다. 또 한 容量의 計算은 다음과 같은 몇 가지 가정 하에서 실시하도록 하였다.

- 理想的인 條件의 車線當 飽和交通流率은 直進의 경우 2,400pcu/hr, 左回轉의 경우 2,250pcu/hr를 基準으로 한다. 즉, 車頭時間(Headway)은 直進이 1.5秒, 左回轉이 1.6秒로 計算한다⁴⁾.

- 待期時의 乘用車의 平均車頭距離 (Spacing)는 調査值인 6.6m/台를 適用한다.

- 信號週期는 120秒, 綠色信號時間은 左回轉과 直進에 各各 30秒(黃色 3秒 包含), 出發遲延 2.7秒, 綠色延長을 1.7秒로 보고 따라서 有效綠色(Effective green)時間은 26秒/顯示로 본다.

이상과 같은 假定과 基準에 의거하여 車線 共同利用方法(貯藏區間이 各各 30.0m, 47.5m, 66.0m, 93.0m인 경우에 대해서)과 既存 信號燈 運用方法間의 容量을 對備해 본 結果는 <表 2>와 같다. 理想的인 條件을 假定했기 때문에 容量이 實際보다 크게 산출되었지만 相對的인 比較는 可能하다. 本制度의 容量은 貯藏區間의 길이에 따라 1.27倍에서 1.84倍까지 큰 값을 보이고 있어 效果가 큰 것으로 判斷된다.

IV. 結 語

方向別 車線共同利用制度는 交通條件, 道路

<表 2> 片道2車線 接近部の 本制度와 既存制度의 容量比較

前後停止線 間의 距離 (m)	貯藏區間內 車輛台數 (台)	貯藏區間 外 車輛台數(台/顯示)		共同利用時(A) 容量(台/HR)			既存方法(B) 容量(台/HR)			A/B
		左	直	左	直	計	左	直	計	
30.0	9.0 ^{a)}	11.7 ^{b)}	12.8 ^{c)}	621 ^{d)}	654 ^{e)}	1,275	487 ^{f)}	520 ^{g)}	1,007	1.27
47.5	14.4	9.0	10.1	702	735	1,437				1.43
66.0	20.0	6.2	7.3	786	819	1,605				1.59
93.0	28.2	2.2	3.2	912	942	1,854				1.84

註 : a) 30m ÷ 6.6m × 2 = 9.0대
 b) 26초 ÷ 1.6초 - 9.0 ÷ 2 = 11.7대/현시
 c) 26초 ÷ 1.5초 - 9.0 ÷ 2 = 12.8대/현시
 d) (9.0 + 11.7) × 3600초 / 120초 = 621대/HR
 e) (9.0 + 12.8) × 3600 / 120 = 654대/HR
 f) 26 ÷ 1.6 × 3600초 / 120초 = 487
 g) 26 ÷ 1.5 × 3600 / 120 = 520

條件 등의 몇가지 問題點들을 內包하고 있으나 各各에 대한 解決策은 講究될 수 있다. 그러나 이 制度를 施行할 수 있는 交叉路는 制限의 일 수 밖에 없으며 交叉路間隔이 짧은 都心에서의 適用은 慎重히 檢討되어야 할 것이다. 그렇지만 制度를 施行할 경우 해당 接近部의 容量을 理論의으로는 最高 100%까지 增大시킬 수 있다. 후방정지선의 位置는 信號週期 및 分割(Split)이 결정되었을 경우 최대값을 산출할 수 있으므로 최대값을 넘지 않는 범위내에서 적절히 결정될 수 있다. 이 제도의 成敗의 觀念이 되는 윤셀을 山正하는 方法을 分析하였으며 車輛群의 速度가 얼마나 安定的인가를 實際調査를 通하여 分析하였다. 윤셀의 實測値는 貯藏區間의 길이에 따라 다소 差異가 있으나 最大值와 最少値의 차이가 3秒程度로 觀測됨으로서 安定的이라는 結論에 도달하였다. 만약의 경우에 대비하여 感知器(Detector)를 設置하여 윤셀을 調節한다면 이 제도의 問題點이 補完될 것으로 判斷된다. 左廻轉車線이 늘어나 交叉路의 中心部에서 車線幅이 各方向의 停止線을 階段式으로 설치하여 回轉半徑을 크게 할 필요가 있는 것으로 判斷된다.

本 研究는 追後 윤셀의 安定性을 檢證하

기 위하여 充分한 資料蒐集을 通한 統計的 檢증이 뒤따라야 할 것으로 사료되며, 車線數가 다른 여러가지 交叉路形態別로 폭넓은 比較가 있어야 할 것이다. 또 運轉者들에 대한 本制度의 教育 及 適應方法에 대한 問題點이 解決되어야 한다.

이 制度는 試驗的으로 現地適用을 하고 隨伴되는 問題點과 解決方案을 檢討한 후에 適用의 擴大與否를 決定할 수 있을 것으로 생각된다. 끝으로 本 制度를 適用하기에 적합한 地點으로 버스정류장이나 進出入支店이 없는 橋梁의 一側端 또는 都市高速道路 中에서 平面交叉가 이루어지는 곳을 추천하고자 한다.

參 考 文 獻

1. ITE, Transportation and Traffic Engineering Handbook, 1976, p020~24
2. D.L.Gerlough and M.J.Huber, Traffic Flow Theory, 1975, pp 150~160.
3. Highway Research Board, Highway Capacity Manual, National Research Council, NAS, 1985.
4. 金東寧, 포화교통류 산정에 관한 비교연구, 단국대학교 논문집, 제 20 집, 1986.