

■ 論 文 ■

신호교차로 영향에 따른 도시고속도로 유출연결로 최소이격거리에 관한 연구

Determination of Minimum Spacing between Off-ramp Terminus and Intersection
Considering the Influence of Adjacent Signalized Intersections

김 상 구 (전남대학교 교통물류학부 조교수) **심 대 영** (관동대학교 교통공학전공 교수) **허 두 완** (전남대학교 교통물류학과 석사과정)

목 차

- I. 서론
- II. 시뮬레이션 분석
 - 1. 모형 선정
 - 2. Network 구축
 - 3. 시나리오 설정
 - 4. 분석 결과
- III. 모형식 개발
 - 1. 상관관계 분석
 - 2. 회귀모형식 개발
 - 3. 설계 기준 제시
- IV. 결론 및 향후 연구 방향
참고문헌

Key Words : 유출연결로, VISSIM, 대기행렬길이, 유효녹색비, 최소이격거리
Off-ramp, VISSIM, Queue Length, Effective Green Ratio, Minimum Spacing

요 약

도시고속도로의 인터체인지는 대규모의 유출교통량과 인접교차로의 잦은 지체로 인하여 교통운영상 많은 문제점을 내포하는 지점으로 알려져 있다. 도시부 고속도로의 인터체인지에서 분류된 유출교통류는 가장 가까운 인접 신호교차로의 운영상태 및 교통량상태에 의해서 영향을 받게 된다. 이러한 인접교차로의 영향으로는 인접가로의 대기행렬이 유출연결로의 가로접속부까지 형성되었을 경우, 유출교통량이 인접가로로 진입하지 못하고 유출연결로상에 대기행렬을 형성하여 정체가 심해지면 고속도로 본선에까지 영향을 미치게 된다. 이러한 문제로 인해 유출연결로와 접속되는 인접가로의 위치가 주변 교차로의 교통류 상태에 중요한 변수로 작용하게 되는데 현재 설계기준으로는 이러한 영향까지 고려한 기준을 제시하지 못하고 있는 실정이다. 본 연구는 인접교차로의 운영에 대한 영향을 고려하여 인접교차로에서 유출연결로까지의 간격을 구하는 모형식을 개발하고자 한다. 인접교차로로 인해 유출연결로의 교통류에 영향을 미치는 변수로는 유효녹색비(g/C), v/c 비(교통량 대 용량비), 가로차로수와 유출연결로교통량이 선정되었다. 이러한 변수들에 대한 영향을 반영하고자 시뮬레이션 프로그램(VISSIM)을 이용하여 도로망을 구축하고 변수들의 다양한 조건을 반영한 시나리오를 작성하였다. 각 시나리오별로 구성된 교통, 도로, 신호조건을 반영한 인접가로의 대기행렬길이를 시뮬레이션하여 결정하고, 이러한 대기행렬길이와 인접교차로와 유출연결로 접속부와의 간격을 결정하는 중요한 기준치로 사용되었다. 시뮬레이션 분석결과, 시나리오별로 다양한 대기행렬길이 산정되었고 사용된 변수와 대기행렬길이를 이용하여 회귀모형식을 개발하였다. 개발된 회귀모형식은 인터체인지의 계획 및 설계시 인접교차로와의 관계를 고려하여 유출연결로의 위치를 결정하는 설계기준에 반영할 수 있을 것이고, 이로 인해 향후 인터체인지 주변의 교차로 운영과 고속도로 본선 교통류의 효율적 관리에 기여할 것으로 기대된다.

The interchanges of urban freeways have many problems with traffic operation due to high off-ramp flows and frequent congestion at adjacent intersections. The flow exiting from off-ramps is affected by the operational status and traffic volume conditions of the nearest signalized intersection. As a result, off-ramp flow cannot exit and the queue backs up the freeway mainline when queues from the signalized intersection form up to the junction of the off-ramp and street. The spacing between an off-ramp and an adjacent intersection is likely to determine the traffic conditions at the adjacent intersection. However, the current design guidelines do not consider such a factor. This study is to develop a model calculating the spacing between off-ramps and adjacent intersections considering the signal, traffic, and road conditions. The variables affecting the model in this study are effective green time (g/C), volume-capacity ratio (v/c), the number of lanes, and off-ramp volume. Various scenarios are designed to represent the effects of the variables and the road networks are constructed using VISSIM, which is a common traffic micro-simulation software package. The queue length is derived from VISSIM and this length is considered as the recommended spacing between the off-ramp and the adjacent intersection. Through the simulation analysis, regression models are developed to calculate the queue length reflecting the various conditions such as signals, traffic, and road configurations. The developed model can be used to create road design guidelines to determine the location of off-ramps in the planning stage.

이 연구는 친환경·지능형 도로설계 기술개발 연구단을 통하여 지원된 건설교통부 건설핵심기술연구사업에 의하여 수행되었습니다. 연구지원에 감사드립니다.

I. 서론

일반적으로 도시고속도로 인터체인지의 유출연결로는 대규모의 유출교통량과 인접교차로의 잦은 지정체로 인하여 현재 교통운영상 많은 문제점을 야기하고 있으며 유출연결로 미터링을 포함한 다양한 운영적 방법들을 시도하여 효율적인 교통류 처리를 시도하고 있는 실정이다. 도시부 고속도로의 인터체인지에서 분류된 유출교통류는 가장 가까운 인접 신호교차로의 운영상태 및 교통량 상태에 의해서 영향을 받게 된다. 이러한 인접교차로의 영향으로는 인접 가로상에 대기행렬이 형성되어 유출연결로의 가로 접속부까지 도달하였을 경우, 유출교통량이 인접가로로 진입하지 못하고 유출 연결로상에 대기행렬을 다시 형성하여 정체가 심해지면 고속도로 본선에게까지 영향을 미치게 된다. 이러한 문제로 인해 유출연결로와 접속되는 인접가로의 위치가 주변 교차로의 교통류 상태에 중요한 변수로 작용하게 되는데 현재 도로설계 기준으로는 이러한 영향까지 고려한 기준을 제시하고 있지 못한 실정이다. 따라서, 본 연구는 인접신호교차로의 운영에 대한 영향을 고려하여 인접교차로에서 유출연결로 접속단까지의 최소 이격거리를 구하는 모형식을 개발하고자 한다.

연구내용으로는 도시부 네트워크에서 다양한 유출연결로 위치에 대한 교통운영 상태를 결정하고자 시뮬레이션 수행에 의한 대기행렬 길이를 산출하여 분석한다. 이를 위해서, 시뮬레이션 모형에 대한 선정과 분석 네트워크의 구축, 그리고 다양한 변수들에 대한 성능지표를 산출하는 것이 필요하다.

현재 도로설계시 사용하고 있는 지침서인 도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(건설교통부, 2000)에서는 유출연결로와 인접교차로간 이격거리에 대한 자세한 기준은 제시하고 있지 않다. 다만, 이격거리와 관련된 기준들에 대한 내용들을 살펴보면, 입체교차 부분에서 고속도로 연결로 접속단 간의 최소 이격거리만을 제시하고 있으며, 이 또한 IC 형태별로 획일적인 기준을 제시하고 있어 기하구조 및 교통특성에 대한 반영이 불충분한 상태이다.

또한, 평면교차 부분에서 주요 교차로에 접근로를 접속하는 경우에 대한 기준이 설명되어 있는데, 이는 교차로의 영향권역을 기능적거리를 토대로 설정하여 접근로는 교차로의 기능적인 경계(functional boundary) 내에 위치해서는 안된다는 원칙을 제시하고 있다. 그러나

이러한 기준은 지방지역 통과교통 위주의 도로 및 도시지역 간선도로에서 주로 사용되는 값이고 도시부 세가로 설치시에는 각각부 최소거리(Corner Clearance)의 개념을 사용하여 교차로의 모서리에서부터 가장 가까운 접근로 출입지점까지의 거리를 60~80m로 제시하고 있다.

도로용량편람(건설교통부, 2001)에 의하면 신호교차로 정지선 부근에 이면도로 진출입로로 인한 영향을 고려하고 있으며, 이는 진출입 차량에 의한 방해시간(L_{dw})을 산정하여 포화차두시간의 손실로서 보정하고 있다. 이러한 진출입로로 인한 영향권을 정지선에서 60m 이내로 정하고 있다. 그러나 도로용량편람에서 적용하고 있는 진출입차량에 의한 영향은 우선 진출입하고 있는 교통량 자체가 적은 규모로서 인터체인지 유출연결로를 통한 진출교통량 수준과는 상대적인 비교가 되지 않는다고 판단된다.

다양한 교통특성을 반영하고 있지 않는 현행 설계기준들은 특성상 정상교통류 상태를 감안하여 기준을 제시하고 있어 도시부와 같이 지정체가 상시 발생하는 구간에서는 문제점이 나타나고 있고 특히, 도시부 인터체인지와 같은 대량의 교통량과 접근로 간격의 짧은 이격거리 하에서는 교통운영상 더욱 문제가 발생되고 있으나 이에 대한 기존 연구 및 설계기준들은 아직까지 미흡한 실정이고 본 연구와 같은 주제로서 구체적인 기준들을 제시하였거나 연구된 바는 없는 것으로 파악된다.

따라서, 다양한 도로 및 교통조건하에서 구체적이고 정확한 유출연결로 교통량의 영향을 체계적으로 분석할 필요가 있고, 분석결과를 도로계획 및 설계시 유출연결로 위치선정을 고려할 수 있도록 모형식 개발 및 기준제시가 필요하다.

II. 시뮬레이션 분석

1. 모형 선정

1) 기능 비교

기존 시뮬레이션 프로그램 중에서 가장 많이 사용되고 있는 3개의 상용 프로그램(VISSIM, Paramics, CORSIM)을 대상으로 성능 및 효율성을 비교, 평가하여 최종적으로 본 연구에서 사용할 1개 프로그램을 선정한다. 본 연구를 위한 시뮬레이션 프로그램은 인접 신호교차로의 신호운영을 조정할 수 있고 성능척도로서 대기행렬길이 등 다양한

지표들을 제공할 수 있는 기능을 포함하고 있어야 한다.

3개의 시뮬레이션 프로그램을 비교한 결과, VISSIM과 CORSIM 프로그램이 본 연구의 수행목적과 일치하는 것으로 판단되고, VISSIM 프로그램은 다양한 신호 제어 기능과 성능지표 제공기능을 가지고 있는 것으로 평가된다.

2) 프로그램 선정

고속도로 인터체인지에서 분류 후 유출교통량이 가까운 인접교차로의 신호운영 상태 및 교통량 상태에 따라 생기는 대기행렬의 길이를 분석하기 위해 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다. 프로그램의 선정기준으로는 우선 차로변경과 차량추종모형과 같은 개별차량에 대한 미시적 모사가 가능하여야 하고 유출연결로와 인접가로 및 교

차로의 영향을 정량적으로 나타낼 수 있는 대기행렬길이에 대한 효과적도 산출이 가능한 프로그램으로 선정하고자 한다. 이러한 기준으로 3가지 프로그램의 기능 평가 결과, VISSIM 프로그램이 본 연구 성격과 가장 적합하여 이를 사용하여 시뮬레이션 분석을 하고자 하며, 모형식에 필요로 하는 성능지표를 산출하여 활용하고자 한다.

2. Network 구축

시뮬레이션 분석에서 사용된 네트워크는 인터체인지와 인접교차로와의 이격거리를 최대한 1km로 가정하여 구축하였으며, 한방향 2, 3, 4차로수의 다양한 인접가로 차로수를 가진 네트워크를 <그림 1>과 같이VISSIM 프로그램을 이용하여 만들었다.

유출연결로 접속부와 신호교차로간의 최대이격거리를 1km로 가정한 근거는 우선 프로그램 수행시 인접가로에 대기행렬이 형성되어도 유출연결로 접속부 지점까지 도달되지 않도록 충분한 거리를 확보하고자 하였으며, 도시부 교차로 간격이 1km 이상 떨어지는 경우는 거의 없는 것으로 가정하여 최대 1km를 사용하여 시뮬레이션 네트워크를 구축하였다.

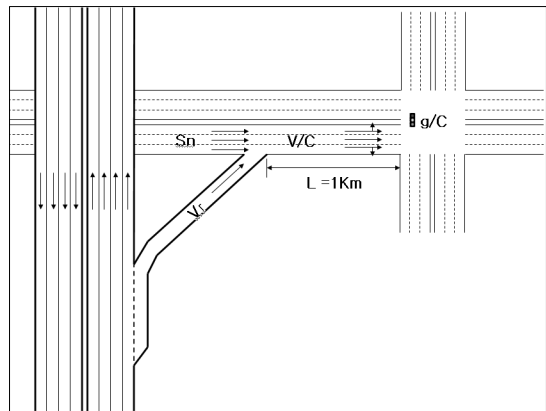
인접교차로는 4갈래 교차로로 구축하였으며 유출연결로는 고속도로에서 가장 일반적인 형태인 직결식으로 인접가로에 접속하도록 하였다. 인접가로와 고속도로 본선에 대기행렬이 형성되었을 때 충분히 길게 만들었다.

교차로 신호운영은 동시신호로 구성된 4현시로서 주기 120초로 신호시간을 계획하여 시뮬레이션하였다.

<표 1> Simulation Program 비교

모형비교	VISSIM	Paramics	CORSIM
모사규모 노드/링크 /차량수	UL/UL/UL*	1,000,000/ 4,000,000/ UL	9,000/ UL/UL
개발도구	Yes-VAP	Yes-API	Yes-RTE
Back ground Image	Image File(bitmap, vector 형식)	Image File(bitmap, vector 형식)	Image File
통행량 입력	교차로 회전비율 O/D표	O/D표	교차로 회전비율 O/D표
교통정보 제공	가능	가능	불가능
Signal Control Macro Language	있음	있음	없음
신호제어	Priority (정지&양보 signs), 고정식, 감응식, Roundabout	Priority (정지&양보 signs), 고정식, 감응식, Roundabout	정지&양보 signs, 고정식, 감응식, ramp metering, Roundabout (일부)
성능척도 (Measure of Performan ce)	교통량, 차량 및 평균속도, 통행시간, 지체, 대기행렬길이, 버스/tram 대기시간, 배출가스(차량/ 링크/경로)	지점/링크 교통량 및 속도, headway, 점유율, 가속도, 밀도, 링크/버스 지체, 회전/queue/링 크 교통량	교통량, 지체시간, 통행시간, 대기행렬, 차량속도, 차량연료소비, 배출가스
Graphic Output	2D & 3D animation (개별차량, Colored Box)	2D & 3D animation	2D animation

*UL : 무제한(Unlimited)



<그림 1> 네트워크 구성요소



〈그림 2〉 VISSIM 네트워크 구축 화면

3. 시나리오 설정

유출연결로와 인접교차로의 이격거리로 인한 영향을 분석하기 위한 시뮬레이션 분석 시나리오는 다음과 같다.

분석변수로는 인접교차차로로 인해 고속도로 유출연결로에 영향을 미치는 변수로 4개를 선정하였으며 이 변수들의 다양한 조합으로 시나리오를 설정하였다. 시뮬레이션을 분석하기 위하여 각 분석변수들에 대한 조합으로 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 총 480개의 시나리오를 설정하여 수행하였다.

본 연구에서 사용하는 영향변수로는 유효녹색비(g/C), 연결로유출교통량(V_R), 인접가로 차로수(S_N), 교통량대용량비(v/c) 등이 선정되었으며 이를 토대로 시뮬레이션 네트워크 구축과 시뮬레이션 수행을 위한 입력자료를 만들어서 사용하였다.

설정된 시나리오 조합의 수는 4가지 변수들의 값에 변화에 따라 다음과 같이 정의되어 진다.

$$g/C(5개) \times V_R(4개) \times S_N(3개) \times v/c(8개) = 480개$$

〈표 2〉 시나리오 변수 조합

g/C	연결로유출교통량 (V_R , 대/시)	인접가로 차로수 (S_N)	v/c 비
0.20	300	2	0.3
			0.4
0.25	500	3	0.5
			0.6
0.30	700	4	0.7
			0.8
0.35	900	4	0.9
			1.0

4. 분석 결과

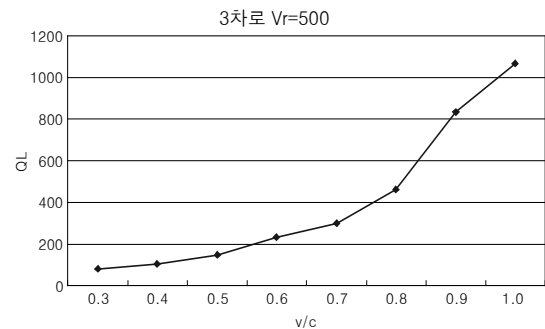
시나리오에 따라 시뮬레이션을 수행한 결과는 〈표 3〉, 〈표 4〉, 〈표 5〉에 제시되어 있다. 시뮬레이션 결과의 분석지표로 대기행렬 길이를 선정하였으며 다양한 변수들에 대한 대기행렬길이가 시뮬레이션 프로그램을 통하여 산출되었다.

〈표 3〉의 결과는 인접가로 차로수(S_N)가 3차로이고 연결로 교통량(V_R)이 500대/시일 때 v/c 와 g/C 에 대한 대기행렬길이를 보여주고 있다. 〈표 3〉에 의하면 v/c 비와 g/C 의 관계에서는 하나의 g/C 를 기준으로 v/c 비가 커지면서 대기행렬길이도 증가하는 것으로 보이나 같은 v/c 비를 기준으로 g/C 는 증가하면서 일정한 패턴이 없음을 알 수 있다.

〈그림 3〉은 한 예로서 g/C 가 0.25일 때 v/c 와 대기행렬길이와의 관계를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 v/c 비가 증가하면서 대기행렬길이도 증가하는 패턴을 보이고 특히 v/c 비가 0.8이상일 때 급격하게 증가하는 것을 알 수 있다.

〈표 3〉 v/c 에 따른 대기행렬의 길이 (단위:m)

g/C \ v/c 비	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
0.3	81	79	74	110	83
0.4	175	104	99	123	112
0.5	147	149	139	142	126
0.6	252	231	179	163	149
0.7	396	299	207	201	247
0.8	679	464	419	523	510
0.9	918	835	848	1020	1048
1.0	1108	1066	1151	1334	972



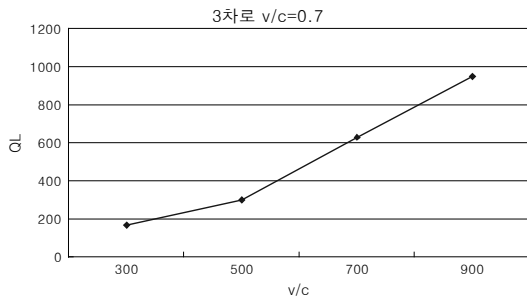
〈그림 3〉 v/c 에 따른 대기행렬의 길이변화

〈표 4〉의 경우는 인접가로 차로수(S_N) 3차로와 v/c 가 0.7일 때, 연결로교통량에 따른 대기행렬길이의 변화를 나타낸 것이다. g/C 가 0.25일 때 연결로교통량에 대한 대기행렬의 길이는 증가함을 알 수 있다. 연결로교통량이 일정할 때 g/C 가 증가할수록 대기행렬의 길이는 일정한 패턴은 없지만 대체적으로 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 4〉 V_R 에 따른 대기행렬의 길이 (단위:m)

$V_R \backslash g/C$	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4
300	214	167	153	168	185
500	396	299	207	201	247
700	867	629	550	447	458
900	1035	946	974	999	825

〈그림 4〉는 연결로교통량이 증가할 수록 대기행렬 길이는 거의 선형적으로 증가함을 알 수 있다.



〈그림 4〉 V_R 에 따른 대기행렬 길이 변화

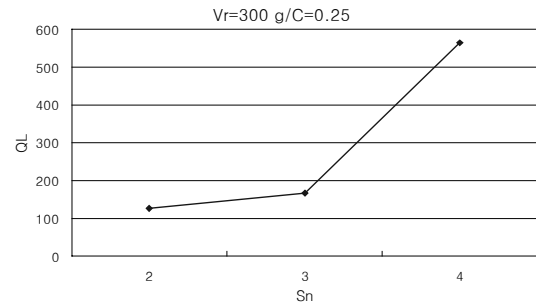
〈표 5〉는 연결로 교통량(V_R)이 300대/시이고 g/C 가 0.25일 때 v/c 비와 인접가로 차로수(S_N)에 대한 대기행렬길이를 나타낸 것이다. 같은 차로수(S_N)일 때 v/c 비가 증가하면서 대기행렬길이는 증가하고, v/c 가 일

〈표 5〉 차로수(S_N)에 따른 대기행렬의 길이 (단위:m)

v/c 비 \ S_N	2	3	4
0.3	79	87	65
0.4	90	77	97
0.5	113	93	150
0.6	118	149	236
0.7	127	167	564
0.8	150	255	848
0.9	407	552	1232
1.0	636	734	1622

정할 때 차로수(S_N)가 증가할수록 대기행렬의 길이도 증가함을 알 수 있다.

〈그림 5〉는 연결로교통량(V_R)이 300대/시일 때 차로수(S_N)와 대기행렬길이와의 관계를 보여주는 그림으로서 차로수(S_N) 증가에 따라 대기행렬길이도 증가하는 것을 알 수 있다.



〈그림 5〉 차로수(S_N)에 따른 대기행렬의 길이 변화

III. 모형식 개발

1. 상관관계 분석

본 연구에서는 고속도로 유출연결로와 접속되는 인접가로의 위치에서 신호교차로까지의 최소이격거리에 관한 모형식을 개발하고자 한다. 이를 위해 모형식의 종속변수인 대기행렬 길이와 상관관계를 가질 것으로 예상되는 4가지 변수에 대하여 상관관계 분석을 수행하였다. 상관관계 분석 결과 교통량대 용량비(v/c 비)의 상관계수(γ)가 0.790으로서 가장 높은 선형상관관계를 나타내었고, g/C 비의 상관계수(γ)는 -0.046으로서 가장 낮은 상관관계를 나타내었다.

〈표 6〉 상관관계 분석결과

변수	QL	v/c	g/C	V_R	S_N
QL	1	-	-	-	-
v/c	0.790	1	-	-	-
g/C	-0.046	0.000	1	-	-
V_R	0.320	-0.000	0.000	1	-
S_N	0.198	0	0.000	0	1

각 변수들의 상관계수(γ)가 통계적으로 유의한가를 판단하기 위하여 t통계값을 이용하여 유의수준 5% ($\alpha=0.05$)에서 양측검정을 수행하였다. 이때 사용된 귀

무가설(H_0)을 “대기행렬길이와 각 변수(v/c , g/C , V_R , S_N)는 상관관계가 없다”이고 즉, 두 변수의 상관계수는 0이다($\rho=0$).

자유도(d.f)가 478($n-2$, $n=480$)인 t분포상에서 유의수준 5%로($\alpha=0.05$) 하는 양측검정 임계치($t_{(\frac{\alpha}{2}, n-2)}$)를 구하면 ± 1.96 이 된다. <표 7>에서 보는 바와 같이 검정통계량 t값이 g/C 변수를 제외하고는 모두 기준치를 기준으로 기각역에 존재하므로 귀무가설이 기각되고 대립가설이 채택됨으로써 통계적으로 유의함을 알 수 있다. 단, g/C 의 경우, t-통계량이 채택역에 포함되므로 통계적으로 유의하지 않아서 대기행렬길이와 상관관계가 없는 것으로 보인다.

<표 7> 상관계수(γ) 유의성 검정 t 통계량

변수	계산치	기준치
v/c	28.24	$\frac{\alpha}{2}, n-2$ 일때 ± 1.96
g/C	-1.01	
V_R	7.41	
S_N	4.42	

4개의 변수에 대한 상관관계 분석결과, 모형식에 사용될 변수들은 g/C 변수를 제외한 기타 변수들이 통계적으로 유의한 수준으로 검증되었기 때문에 3개 변수를 사용하여 회귀분석을 수행하였다. 인접한 4갈래 교차로의 신호운영 상태는 접근로별로 같은 유효녹색비율을 가짐으로써 g/C 가 0.25일 때를 대상으로 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

2. 회귀모형식 개발

상관관계 분석에서 결정된 3개의 변수들을 가지고 독립변수로 결정하면서 가능한 회귀모형식을 구축하고자 한다. 우선, 대기행렬길이(QL)와 가장 높은 상관관계를 보이는 v/c 를 가지고 단순회귀분석을 수행하였다. 본 연구에서 사용된 모형식 함수는 산포도(scatter diagram)를 통하여 지수함수나 2차함수 형태가 가장 적합한 것으로 판단되어 2가지 모형에 대하여 회귀분석을 수행하였다.

또한, 교통량 대 용량비(v/c) 변수 이외에도 상관계수가 높은 각 변수들을 하나씩 추가하면서 다항식 함수형태로 다중회귀분석을 수행하였다.

회귀분석을 통하여 결정된 회귀모형식에 대하여 계수와 회귀식에 대한 통계적인 유의성 검정을 실시하였다. 우

선, 각 모형식에서 사용된 독립변수에 대한 통계적 유의성 검정은 t-검정을 이용하여 수행하였고, 회귀식에 대한 검정은 F분포를 이용하여 검정하였다. 유의성 검정에서 사용된 통계치에 대한 값들은 다음과 같다. 독립변수에 대한 유의성 검증시 설정된 귀무가설(H_0)은 다음과 같다.

“추정된 각 계수는 0이다.”

1) 단순회귀분석

(1) 모형식 1 : $Y = A \cdot e^{B(v/c)}$
 $Y = 36.8 \cdot e^{3.65(v/c)}$

모형	계수	t 통계량	P-값	검정통계량 F	유의확률 (p-value)
상수	36.8	32.79	0.000	1075.1	0.000
v/c	3.65	36.80	0.000		

(2) 모형식 2 : $Y = A(v/c)^2 + B(v/c) + C$
 $Y = 1635.1(v/c)^2 \pm 363.4(v/c) + 73$

모형	계수	t 통계량	P-값	검정통계량 F	유의확률 (p-value)
$(v/c)^2$	1635.1	5.39	0.000	639.4	0.000
v/c	± 363.4	-0.91	0.36		
상수	73	0.61	0.54		

2) 다중회귀분석

(1) 모형식3 : $Y = A(v/c) + B(V_R) + C$
 $Y = 1762.3(v/c) + 0.73(V_R) - 971.7$

모형	계수	t 통계량	P-값	검정통계량 F	유의확률 (p-value)
v/c	1762.3	33.1	0.000	436.9	0.000
V_R	0.73	13.4	0.000		
상수	-971.7	-19.8	0.000		

(2) 모형식 4 : $Y = A(v/c) + B(V_R) + C(S_N) + D$
 $Y = 1762.3(v/c) + 0.73(V_R) + 124(S_N) - 1343.7$

모형	계수	t 통계량	P-값	검정통계량 F	유의확률 (p-value)
v/c	1762.3	35.8	0.000	524.2	0.000
V_R	0.73	14.5	0.000		
S_N	124	8.97	0.000		
상수	-1343.7	-21.8	0.000		

모형식 2는 2차함수 형태로서 독립변수에 대한 유의성 검정 결과, B, C에 대한 t 통계량에 대한 유의확률(p 값)이 0.36과 0.54로 산출되어 유의수준(α) 0.05에서 귀무가설을 채택하여야 하고 독립변수는 통계적으로 유의하지 않은 것을 의미한다. 기타 모형식들의 변수와 회귀식에 대한 유의성 검정 결과, 모두 통계적으로 유의한 결과치를 나타내어 추정된 모형식들은 일반적으로 사용이 가능한 모형들임을 알 수 있다.

〈그림 6〉과 〈그림 7〉은 단순회귀분석에서 추정되어진 모형식을 실제 자료와 비교분석하기 위하여 동일 그래프에 표시하였다. 2개의 그래프 모두 회귀모형식과 자료들이 비슷한 패턴을 보이면서 증가하는 것을 알 수 있고, 지수함수모형식이 2차함수모형식보다 상대적으로 더 적합한 것으로 보인다.

모형식 2를 제외한 나머지 3개 회귀모형식을 대상으로 본 연구에서 사용하게 될 모형식을 선정하고자 결정계수(R^2)의 크기를 가지고 결정하였다. 〈표 8〉에서 보는 바와 같이 모형식 4가 0.767로서 가장 높은 결정계수(R^2)를 가지고 있으며, 또한 모형식에서 사용하고 있는 독립

변수가 3개로서 다양한 도로 및 교통운영 조건을 만족시킬 수 있는 모형식으로 판단되어 최종적으로 결정하였다.

〈표 8〉 회귀모형식과 결정계수

회귀모형식	결정계수 (R^2)
① $Y = 36.8 \cdot e^{3.65(v/c)}$	0.692
② $Y = 1635.1(v/c)^2 + 363.4(v/c) + 73^1$	0.646
③ $Y = 1762.3(v/c) + 0.73(V_R) - 971.7$	0.728
④ $Y = 1762.3(v/c) + 0.73(V_R) + 124(S_N) - 1343.7$	0.767

1) 모형식 ②는 통계적으로 유의하지 않음

3. 설계 기준 제시

유출연결로 최소이격거리는 시뮬레이션 분석에서 산출되는 대기행렬길이로서 대체가능하다. 이는 교차로 지정체로 형성되는 대기행렬길이가 유출연결로가 인접교차로에서 떨어져야하는 최소거리와 같다고 할 수 있다. 따라서, 앞 절에서 최종 선정된 모형식 5를 이용하여 유출연결로 최소이격거리에 대한 최종모형식은 다음과 같다.

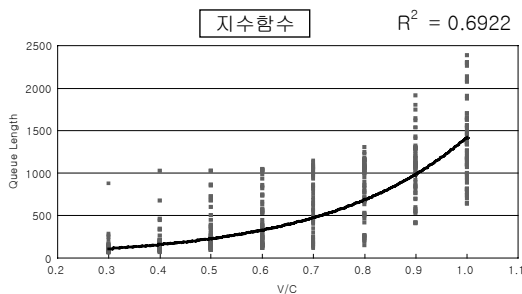
$$L = 1762.3(v/c) + 0.73(V_R) + 124(S_N) - 1343.7$$

여기서, L : 유출연결로 최소 이격거리 (m)

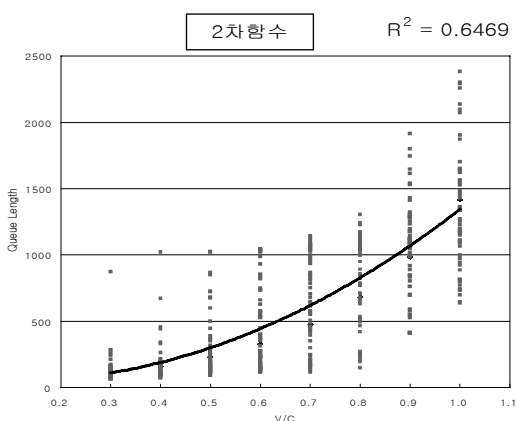
v/c : 인접가로의 교통량 대 용량비 (0.3~1.0)

V_R : 유출연결로 교통량(대/시) (300~900)

S_N : 인접가로 차로수 (2, 3, 4)



〈그림 6〉 모형식 1(지수함수)과 자료산포도



〈그림 7〉 모형식 2(2차함수)와 자료산포도

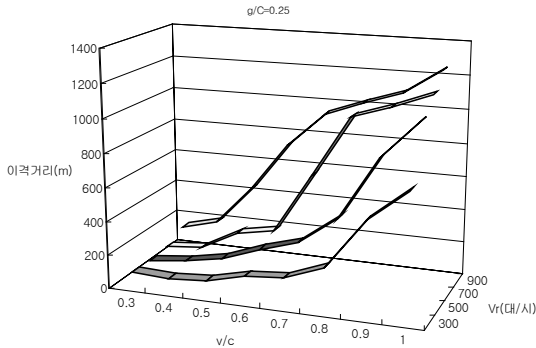
모형식 4를 가지고 각 도로 및 교통운영조건에 대한 유출연결로의 최소이격거리를 산정해 보았다. 모형식에서 결정되는 대기행렬길이는 유출연결로 접속부의 위치와 매우 밀접한 관련을 가지고 있다. 대기행렬길이가 연결로 접속부 위치보다 길게 되는 경우 유출연결로 상에 있는 차량들은 인접가로로 진입을 하지 못하고 연결로 상에 길게 대기행렬을 형성하게 된다.

이러한 차량들이 누적되면 고속도로 본선까지 영향을 미쳐서 본선에도 정체가 발생하게 된다. 도시내 가로에서 인접교차로와의 짧은 이격거리로 인하여 가로망과 고속도로에 지정체를 발생시키는 것을 자주 경험하게 되는 현상이다.

또한 연결로상에 있는 차량들도 지정체를 심하게 겪게

되면 강제적으로 인접가로로 진입하려고 시도하다가 교통사고나 인접가로 교통류와 엉키게 되는 결과를 초래한다.

따라서, 연결로 접속부의 위치는 매우 중요하고, 필요로 하는 최소이격거리는 <그림 8>에서 보는 바와 같이 v/c 비가 커질수록, 연결로교통량이 많아질수록 큰 이격거리를 필요로 한다. 또한, 동일한 v/c비를 가질 때, 연결로교통량



<그림 8> 유출연결로 이격거리 변화

<표 9> 유출연결로 최소이격거리표

S_N (차로)	v/c	V_R (대/시)	이격거리 (m)
2	0.4	300	-
		600	47
		900	266
	0.7	300	357
		600	576
		900	795
	1.0	300	886
		600	1,105
		900	1,324
3	0.4	300	-
		600	171
		900	390
	0.7	300	481
		600	700
		900	919
	1.0	300	1,010
		600	1,229
		900	1,448
4	0.4	300	76
		600	295
		900	514
	0.7	300	605
		600	824
		900	1,043
	1.0	300	1,134
		600	1,353
		900	1,572

주 : 음영부분은 모형식에서 설명되지 않는 경우의 수에 해당됨

의 크기가 커질수록 급격하게 증가하는 경향을 보인다.

이격거리와 차로수와의 관계는 다른 조건들이 동일하다면 차로수가 넓을수록 더 큰 이격거리를 요구하고, 이는 차로수가 많아질수록 연결로 차량의 차로변경 횟수가 많아지는 것으로 인한 결과로 해석된다.

IV. 결론 및 향후 연구과제

도시고속도로와 같이 도시부에 설치된 연속류 도로에서는 유출연결로에서 진출한 차량들이 인접가로로 진입하면서 주변가로와 인접교차로의 차량들과 서로 혼재하면서 지정체를 겪고 있는 실정이다. 대부분 도시부 고속도로 인터체인지 부근에는 대규모의 차량들이 진출입하는 주요 지점에 해당되므로 많은 지정체를 발생하고 있다.

따라서, 고속도로에서 진출한 차량들이 인접가로의 지정체로 인하여 원활하게 진출하지 못하여 유출연결로 상에 대기행렬을 형성하고 고속도로 본선에 영향을 미치는 경우도 자주 발생하고 있다. 최근에는 이러한 문제점을 극복하고자 유출연결로와 인접가로의 접속부에 신호기를 설치하여 신호에 의해 유출차량에게 통행권을 확보하여 주는 유출램프 미터링을 실시하고 있다.

본 연구는 고속도로의 인터체인지를 계획하고 건설할 때 인접교차로와의 관계를 고려하여 유출연결로 접속부를 사전에 일정거리이상 이격시켜서 교통운영상의 문제점을 최소화하고자 최소이격거리에 관한 연구를 시작하였다.

연구내용으로는 고속도로 유출연결로와 인접한 가로에서 이격거리에 영향을 미치는 변수들을 설정하고 이에 대한 영향정도를 신호교차로에서 대기행렬이 형성되는 길이를 유출연결로 지점의 최소이격거리로 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다.

다양한 도로 및 교통운영 상태에 따라 교차로에서의 대기행렬길이를 산정하였고 이를 회귀분석을 통하여 모형식을 개발하였다. 개발된 모형식은 인접가로의 교통량과 용량비(v/c비)에 의해 가장 크게 영향을 받는 것으로 분석되었고, 연결로교통량 (V_R), 인접가로 차로수 (S_N)와 같은 변수에 의하여 이격거리가 결정되는 것으로 분석되었다.

향후에는 인터체인지 설계시 개발된 모형식을 이용하여 사전에 주변가로 및 교차로와의 관계를 분석하고 주변가로의 교통류에 영향을 받지않도록 인터체인지 위치를 설계하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 인터체인지

와 같은 대규모의 교통량을 유출입시키는 시설물들은 사전에 도시부의 다양한 교통운영 조건에서 교통영향 정도를 분석하여 문제점을 제거시키는 노력이 필요하다고 할 수 있다.

본 연구에서 개발된 모형식을 토대로 실제 현장자료를 수집하여 모형식에 대한 현장 적합성을 평가할 필요가 있고, 인접신호교차로의 신호운영 상태에 따른 이격거리를 분석할 필요가 있다. 유출연결로의 진입교통류에 의한 인접가로 및 교차로의 영향분석을 수행하여 모형식의 정확성에 대하여 검증할 필요가 있다.

참고문헌

1. 건설교통부(2001), “도로용량편람”, 건설교통부, pp.227~232.
2. 건설교통부(2000), “도로의 구조·시설 기준에 관한 규칙(해설 및 지침)”, 건설교통부
3. 박재범, 이승준, 강정규, 김일환(2007), “고속도로 분류부 설계기법 개선 연구”, 대한교통학회지, 제 25권 1호, pp.23~35
4. 전영수, 장재남, 장명순(1999), “터널과 인터체인지 이격거리 설계기준에 관한 연구”, 대한교통학회지 제17권 1호, pp.67~74
5. 최재성, 김병성(2002), “지방부 고속도로-유출부구간의 정상류 교통특성 규명 및 교통분포 모형식의 개발”, 대한교통학회지 제20권 5호, pp.9~22
6. 한국도로공사(2005), “고속도로 분·합류부 설계 기준 수립에관한 연구”, 도로교통 TR-05-04.
7. AASHTO(2001), “A Policy on Geometric Design of Highways and Streets(Fourth Edition)”
8. PTV(2004), “VISSIM User Manual - Version 4.00”
9. QUADSTONE, “Paramics V3.0”

- ☞ 주 작성 자 : 김상구
- ☞ 교 신 저 자 : 김상구
- ☞ 논문투고일 : 2006. 10. 28
- ☞ 논문심사일 : 2006. 12. 9 (1차)
2006. 6. 17 (2차)
- ☞ 심사판정일 : 2007. 6. 17
- ☞ 반론접수기한 : 2007. 12. 31