교통영향평가 분석기법개선에 관한 연구

Improvement Of Traffic Impact Assessment Method

신 대 섭
(공주대학교 건설환경 공학부 박사과정)

이 선 하
(공주대학교 건설환경 공학부 교수)

강 국 수
(공주대학교 건설환경 공학부 석사과정)

김 태 균
(공주대학교 건설환경 공학부 석사과정)

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 기존연구고찰
Ⅲ. 개선방안
  1. 교통처리분석 개선방안
  2. 손실비용 추정방안
Ⅳ. 개선방안 적용사례
  1. 개선방안 적용지역 개요
  2. 교통영향분석 개선 적용사례
  3. 손실비용 추정 적용사례
Ⅴ. 결론 및 향후 과제
  1. 결론
  2. 향후연구과제
참고문헌

Ⅰ. 서론

현재 시행되고 있는 교통영향평가제도는 대규모 사업이나 시설의 설치로 인한 교통체계의 악영향을 최소화하기 위하여 1987년 도입되었다. 교통영향평가제도에 규정된 사업 시행 전후의 교통흐름은 가로구간의 경우 교통량, V/C, 평균통행속도와 서비스수준, 교차로의 경우 서비스 수준 등의 교통류 분석지표에 의하여 분석되고 있다.

이런 교통류 분석지표는 수학적 방법으로 분석 되어 결정론적(deterministic)인 특성을 갖고 있으므로, 확률론적(stochastic)인 교통류의 특성을 반영하는데 있어 효율적이지 못하다. 개별 가로구간과 교차로에 국한하여 분석함으로서 사업 시행으로 인한 영향이 미치는 분석 범위 전체 구간의 교통흐름을 종합적으로 분석하기에는 미흡하다.

특히, 도심지에서 주로 실시되는 교통영향 평가 사업의 경우 새로운 시설 입지로 인한 주변 가로망의 교통 정체 현상을 가시적(visual)으로 파악하는 것이 필요하나 현재의 평가 방법으로는 어려운 실정이다.

본 연구는 교통유발 사업이 주변교통체계에 미치는 영향을 차량 추종 모형 (Car - Following Theory) 기반의 미시적 시뮬레이션 (Microscopic - Simulation)기법을 적용한 네트워크 단위의 분석결과를 새로운 분석척도로써 제시하였다.

Ⅱ. 기존 연구의 고찰

기존의 교통영향평가에서 제시된 평가척도는 교차로의 지체와 가로구간의 평균속도 등으로 도로용량편람의 수학적 모델에 의한 분석 값들이다.

현황 및 개선효과 분석시 분석 방법은 도로용량편람의 기준을 권장하고 있으며 현재까지도 대부분의 교통영향평가가 이와 같은 방법으로 분석되어 왔으나, 실제적으로 계량적인 분석이 가능한 평가항목은 적다.

교통영향평가지침에는 가로구간분석, 신호 및 비 신호교차로 분석, 대중교통 분석, 엇갈림 분석 등에 대한 서비스 수준 분석 기준이 수록되어 있다. 그러나 분석 사항들 중 계량적인 분석이 가능한 사항은 가로구간 분석과 신호 및 비신호 교차로 분석항목이며, 이들 분석 역시 도

로용량편람 상의 결정론적인 수학적 모델에 근거하여 확률론적인 특성을 갖는 교통현상을 반영하기에는 미흡한 실정이다.

엇갈림 분석의 경우에는 현황이나 개선대책 수립 시 효과 분석은 도로기하구조에 따른 차량추종모형에 의한 차량의 운행 특성 등이 반영되어야 하나, 아직까지 그러한 방법은 적용되지 않고 있다.

사업 영향 반경 내에서 운행하는 차량들의 총통행시간이나 운행거리 등 Network 차원의 교통소통 상황은 사업의 영향을 반영할 수 있는 중요한 지표임에도 불구하고 이러한 지표들을 분석할 수 있는 방법이 없어 아직까지 분석지표들이 없는 실정이다.

<표 2-1> 현황 및 개선효과 분석 사항

구 분	내 용
가로구간 분석	구간별 진행방향, 차로수, 차로폭, 구간거리, 최대허용용량, 첨두시 교통량, 교통량 대 용량비 (V/C), 평균 통행속도, 서비스 수준
교차로 분석	교차로 명·진행방향을 구분한 교통량 및 신호주기 등을 토대로 산출한 평균 지체도
대중교통 분석	혼잡도, 환승체계, 노선수 및 운행시격, 평균 승하차 인원, 버스베이규모, 대기공간
엇갈림 분석	배치형태, 비제한 차로수, 엇갈림 용량, 최대 엇갈림 길이, 서비스 수준

Ⅲ 개선방안

1. 교통처리 분석 개선방안

1) 마이크로 시뮬레이션의 활용 방안

기존의 교통축이나 신호교차로 분석 시 T7F 등의 프로그램을 이용하는 것이 대부분이었으며, Network 차원의 교통흐름을 분석하는 방법은 미흡하였다. Network 차원의 분석을 수행하기 위해서는 "운전자-자동차-단위"의 움직임에 의해 교통 흐름을 모의 실험하는 Microscopic Simulation Program이 필요하며 다음과 같은 원리를 갖고 있어야 한다.

- 차량 추종과 차로 변경 등을 포함하는 미시적인 교통류 시뮬레이션 모델이어야 하며, 운전자의 psycho-physical한 행태를 반영한 것이어야 한다.
- 운전자의 지각에 의해 저속의 전방 차량에 접근할 경우 감속하거나, 옆 차선 차량과의 간격이 충분할 경우 차선변경을 시도하거나, 또는 앞 차량과의 간격이 다시 벌어질 때 가속을 하는 가·감속과정을 simulation 할 수 있어야 한다.

위의 조건을 충족하는 미시적 교통시뮬레이션(Microscopic Simulation) 을 이용하여 사업지역의 도로교통 여건에 적합한 네트워크 트래픽 모델(Network - Traffic model)을 구축하고 시설, 사업의 입지에 따른 교통현상의 변화를 가시적(Visual)으로 분석 할 수 있다. 또한 기존 교통처리 분석방법으로는 불가능한 사업 영향 반경에 대한 네트워크(Network)차원의 총통행시간이나 총 운행거리의 변화 등의 거시적인 (Macroscopic) 지표의 산출이 가능하며, 개선대책 수립 시 신호체계의 변화, 도로기하 구조의 개선 등 다양한 개선대안에 대한 사전 시뮬레이션을 통하여 가장 효율적인 개선대책을 수립할 수 있다.

본 연구에서는 시설, 사업의 입지적 특성에 따른 Network - Traffic model을 구축하여, 현황 분석 및 개선대책 효과 분석 시 사업 영향 반경 내 교통류에 대한 총 통행시간이나 총 운행거리 등 거시적 지표의 산출과 Visual한 측면에서 교통여건을 분석할 수 있는 방안을 모색하였다.

2) 현황분석

현황분석 시 교통영향평가지침에 명시된 기준에 의해 가로구간분석, 신호 및 비 신호교차로 분석, 대중교통 분석, 엇갈림 분석, 보행분석 등을 실시하였으나, 본 연구에서는 미시적 분석 시뮬레이션(Microscopic - Simulation)도입으로 사업 영향 반경 내의 교통소통 상황을 전반적으로 분석 할 수 있는 방법제시가 가능하게 되었다.

예를 들어 사업 영향 반경 내에서 운행하는 차량들의 총통행시간이나 운행거리 등 Network 차원의 교통소통 상황을 반영할 수 있는 지표들을 Microscopic - Simulation을 통하여 도출할 수 있고 또한, 수학적 모델에 의한 LOS(Level Of Service)의 제시에 근거한 교통소통 여건 분석은 Visual한 특성이 결여되어 있

었으나 Microscopic - Simulation의 도입으로 가능하며. 엇갈림 분석의 경우에는 현재 개선대책 효과 분석에 대해서 도로용량편람의 지침을 따르고 있으나, Microscopic - Simulation의 도입 시 도로기하구조에 따른 차량추종모형에 의한 차량 운행 특성 등을 반영할 수 있다.

기존의 교통영향평가의 개선방안은 교차로 신호주기 최적화를 이용한 교차로 서비스 수준향상과 셋-백(Set-Back)을 이용하여 사업지의 진출입로에 의한 지체 최소화, 보행자를 위한 횡단보도 설치 등이 대부분이었으며 이에 대한 분석은 신호교차로의 신호주기 최적화만 분석이 되었으나, Microscopic - Simulation의 도입으로 기존 방법으로는 분석할 수 없었던 일방통행, 좌회전금지와 같은 가로구간에 대한 통제 방법 변화와 기하구조 변경으로 인한 도로의 선형 변화 같은 개선 방법 효과를 평가 할 수 있다.

개선대책 수립의 경우에도 개별 가로와 교차로에 대한 개선대책을 수립하고 분석할 경우, 수립된 개선대책이 인접 가로와 교차로에 미치는 영향을 Microscopic - Simulation 통하여 Network 차원의 분석이 가능하게 된다.

2. 손실비용 추정방안

사업이나 시설이 입지하게 될 경우 발생하는 교통량에 의한 지정체로 인하여 시간비용이나 운행비용 등의 손실이 발생하게 되며, 이를 추정하기 위해서는 공간적 범위 내 차량들의 총 지체시간이나 평균속도 등의 산출이 필요하다.

본 연구에서는 Microscopic - Simulation을 이용하여 구한 네트워크 분석 값을 이용하여 사업의 시행으로 인하여 주변 교통체계에 미치는 영향을 계량화 하여 분석함으로써 손실비용을 구하는 방법을 제시하였다.

Microscopic - Simulation을 이용하여 Network 차원의 차량들의 흐름을 미시적(microscopic)으로 분석하여 공간적 범위 내 전체 교통량에 대한 총 통행시간, 지체시간, 평균속도 등의 산출이 가능하다. 이러한 Network 차원의 교통류 분석 지표 들을 바탕으로 국내에서 수행 중에 있는 손실비용 추정 기법을 사용하여 사업이나 시설 입지 시 교통량 증가에 따른 손실을 계량화하는 방안을 제시한다.

화폐단위로 계량화가 가능한 운행비용, 통행시간손실비용, 교통사고비용, 환경비용손실에 대해서 손실비용을 산출하였다.

1) 차량운행비용(VOC) 손실

차량운행비용 손실은 사업 미 시행 와 시행시의 도로구간을 주행하는 차량의 운행비용과의 차이를 의미한다.

차량운행비용은 비용의 성격에 따라 고정비와 변동비로 구분되며, 고정비는 차량의 감가상각비, 운전원 및 보조원의 임금, 보험료 및 차량검사료로 세분되고, 변동비는 연료비, 엔진오일비, 타이어마모비, 차량유지수선비 등으로 구분된다.

분석기간 각 년도의 차량운행비용(VOC)은 아래의 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$VOCS = VOC_{사업미시행} - VOC_{사업시행} \quad (1)$$

여기서, $VOC = \sum_{k=1}^{3}(D_k \times VT_k \times 365)$

D_k : 차종별 대·km

VT_k : 해당속도에 따른 차종별 차량운행비용

k : 차종 (1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

<표 3-1> 운행비용 손실(단위:원)

속도\차종	승용차	소형 버스	대형 버스	소형 트럭	중형 트럭	대형 트럭
10	256.12	270.86	487.26	295.63	441.83	531.40
20	208.08	217.51	404.72	239.87	371.51	445.72
30	181.16	180.43	320.01	199.91	328.77	369.40
40	157.37	157.07	261.49	173.80	289.26	313.49
50	142.61	138.26	233.24	161.93	270.18	284.86
60	135.23	129.69	218.74	155.17	258.12	281.42
70	130.54	123.23	213.84	154.40	255.98	282.00
80	124.46	117.73	211.09	147.26	264.47	293.61
90	122.59	116.46	209.18	162.91	263.28	327.83
100	122.92	115.80	213.81	172.42	273.67	344.23
110	121.66	117.43	224.71			
120	127.65	120.75				

자료 : 한국개발연구원, 「도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)」, 2004.

2) 통행시간비용(VOT) 손실

통행시간비용은 사업의 시행으로 인해 증가되는 통행시간의 양을 해당사업의 손실로 보는 것으로, 손실항목 중 가장 높은 비율을 차지하는 항목이다.

통행자의 통행시간 증가에 의한 손실은 한계임금율법을 이용하여 시간가치를 분석하며, 시간가치에 따른 손실은 교통량 자료와 시간증가 크기를 도출하여 나온 결과를 이용하여 사업 미시행시와 사업 시행시의 차이를 이용하여 산출한다.

$$VOTS = VOT_{사업미시행} - VOT_{사업시행} \quad (2)$$

여기서, $VOT = \sum_{k=1}^{3}(T_k \times P_k \times 365)$

T_k : 차종별 대·시

P_k : 차종별 시간가치

k : 차종(1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

<표 3-2> 통행수단별 운전자의 통행시간가치

구 분	승용차		버스	
	업무	비업무	업무	비업무
재차인원(인)	0.39	1.61	3.60	18.40
통행자 시간가치 (원/인·시)	13,257	4,335	9,325(1인) 13,257(2.2인)	2,160
차량 시간가치 (원/대·시)	5,170	6,979	35,839	39,744
평균시간가치 (원/대)	12,150		75,583	

자료 : 한국개발연구원, 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)』, 2004.

3) 교통사고비용(VIC) 손실

사업으로 인하여 교통량이 증가하면 교통량에 비례하는 교통사고역시 증가하게 되고 결국 교통사고비용의 손실이 증가하게 된다.

백화점 설치사업의 경우 대표적인 교통량 유발사업으로 노면교통량의 증가로 인한 교통사고비용의 손실이 증가할 것으로 예상된다.

$$VICS = VIC_{사업미시행} - VIC_{사업시행} \quad (3)$$

여기서, $VIC = \sum_{k=1}^{3}\sum_{l=1}^{2}(A_{kl} \times P_l \times VL_k) \times 365$

A_{kl} : 도로 유형별·사고유형별 1억대-km당 교통사고 사상자수

P_l : 사고유형별 사고비용

VL_k : 도로유형별 억대-km

k : 도로유형(1:고속도로, 2:국도, 3:지방도)

l : 사고유형(1:사망, 2:부상)

<표 3-3> 사고건 및 사상자당 교통사고 비용

구분		사망	부상
사고 1건당	PGS 포함	41,468	4,918
	PGS 제외	30,049	2,723
사상자 1명당	PGS 포함	36,374	3,057
	PGS 제외	26,884	1,693

자료 : 한국개발연구원, 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)』, 2004.

4) 환경비용(EVA) 손실

새로운 사업은 기존 도로에 새로운 교통량을 추가함으로써, 기존 도로의 교통량을 늘리는 효과를 가져 온다. 교통량 증가로 인한 대기오염 및 소음증가 효과가 발생하지만 본 연구에서는 대기오염의 증가에 의한 환경 손실 비용만을 분석하였다.

$$EVAS = EVA_{사업미시행} - EVA_{사업시행} \quad (4)$$

여기서, $EVA = \sum_{k=1}^{3}(D_k \times EV_k \times 365)$

D_k : 차종별 대·km

EV_k : 해당속도에 따른 차종별 대기오염비용

k : 차종 (1:승용차, 2:버스, 3:화물차)

해당속도에 따른 차종별 대기오염비용은 대기오염비용을 종속변수로, 속도를 독립변수로 하는 관계식을 추정하여 산출하였으며 속도 및 대기오염비용 관계식 계수추정결과와 차종별·속도별 대기오염비용는 다음과 같이 나타난다.

<표 3-4> 운행비용 손실(단위:원)

차종 / 속도	승용차	소형 버스	중형 버스	대형 버스	소형 트럭	중형 트럭	대형 트럭
10	60.54	45.44	136.24	357.79	54.58	214.25	541.40
20	30.8	30.95	90.01	265.55	37.49	146.00	402.89
30	21.21	24.80	69.45	223.25	30.27	116.28	339.75
40	16.43	21.88	57.23	197.47	25.72	98.68	301.34
50	13.55	19.99	49.71	179.58	23.28	85.81	274.69
60	11.61	19.45	44.81		21.70	76.13	254.76
70	10.21	19.87	42.13		20.93	69.86	239.09
80	9.16	21.23	41.35		20.92	66.60	226.33
90	8.32	23.51	44.73		21.65	66.22	215.66
100	7.65	26.70	53.71		23.11	68.64	206.57

자료 : 한국개발연구원, 『도로·철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판)』, 2004.

Ⅳ 개선방안 적용사례

1. 개선방안 적용지역 개요

본 연구에서 가정한 대상지역은 부산광역시 센텀지구 일대로서 영향권은 반경 1km로 하였다.

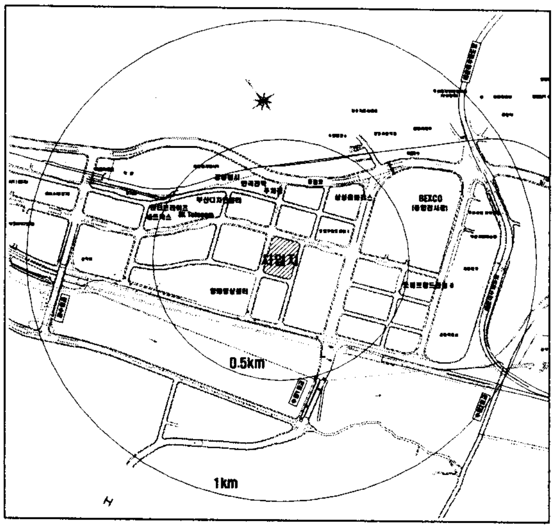

그림 4-1 사업의 영향권

본 연구의 교통영향 분석방법을 적용하기 위하여 센텀지구내에 건축 연면적 59,890.36㎡ 규모의 판매 및 영업시설(대형점)을 신축하는 사업으로 가정하였다.

2008년 기준 백화점의 유발교통량을 예측한 결과 휴일의 1일 총 7,954대, 첨두시인 18~19시에 총 873대가 유발되는 것으로 예측되었다.

<표 4-1> 2008년 기준 유발교통량 예측

구 분		종 합(대/시)		
		유입	유출	합계
평일	첨두시	257	322	579
	1일 총 발생교통량	2,820	2,820	5,641
휴일	첨두시	435	438	873
	1일 총 발생교통량	3,977	3,977	7,955

센텀지구내의 사업 시행 전·후의 링크 교통량을 분석한 결과 사업지 북쪽의 간선도로의 통행량이 471대에서 632대로 늘어난 것으로 분석되었으며 동쪽에 위치한 대로의 경우 203대에서 353대로 늘어난 것으로 분석되었다.

2. 교통영향분석 개선 적용사례

사업지 주변의 네트워크를 simulation program을 이용하여 분석한 결과 2008년을 기준으로 백화점 설치 시 교차로를 통과하는 차량들의 총 지체시간이 890시간에서 1,041시간으로 약 151시간 늘어나는 것으로 분석되었다.
네트워크 전체의 가로의 차량대수가 22,065대에서 22,784대로 현황대비 약 12.95% 증가하며 평균가로구간 속도는 미시행시의 25.8 km/h에서 시행 시 24.7 km/h 로 미시행시보다 약 4.26% 하락하는 것으로 분석되었다.

<표 4-2> 네트워크 분석결과

사업 시행여부	총 차량 대수 (대)	총 통행 거리 (km)	총 통행 시간 (h)	평균통행 속도(km/h)	총 지체(h)
현황	20171	42154.71	1684	26.7	854
미시행시	22065	45278.77	1742	25.8	890
시행시	22784	45714.84	1759	25.4	1041

3. 손실비용 추정 적용사례

앞에서 제시한 4가지의 손실예측 결과 사업을 시행할 경우 당해연도인 2008년 손실비용이 약 1억7천만원으로 예측되며, 교통영향평가 지침 상의 최종 분석연도인 2012년을 기준으로 할 경우에는 총 2억원의 손실이 발생 할 것으로 추정된다.

<표 4-3> 운행비용 손실(단위:원)

구 분	VOC사업미시행	VOC사업시행	VOCS
2008	5,746,964,168	5,802,699,832	55,735,664
2012	5,778,093,618	5,841,064,080	62,970,462

<표 4-4> 통행시간비용 손실(단위:원)

구 분	VOT사업미시행	VOT사업시행	VOTS
2008	7,725,334,500	7,800,725,250	75,390,750
2012	7,774,116,750	7,867,246,500	93,129,750

<표 4-5> 교통사고비용 손실(단위:원)

구 분	VIC사업미시행	VIC사업시행	VICS
2008	1,211,576,334	1,223,244,599	11,668,266
2012	1,216,927,964	1,228,730,020	11,802,057

<표 4-6> 환경경오염 손실(단위:원)

구 분	EVA사업미시행	EVA사업시행	EVAS
2008	3,189,832,021	3,220,717,290	30,885,269
2012	3,206,362,027	3,240,402,629	34,040,602

<표 4-7> 손실비용 합산(단위:원)

구 분	2008	2012
운행비용손실(원)	55,735,664	62,970,462
통행시간손실(원)	75,390,750	93,129,750
교통사고손실(원)	11,668,266	11,802,057
환경오염손실(원)	30,885,269	34,040,602
합 계(원)	173,679,949	201,942,871

V 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

기존 교통영향평가 지침에 제시된 분석방법은 수학적인 공식과 획일화된 방식으로 기준을 제시하고 있어 분석에 유연성이 부족하고 효율적이지 못하다.

본 연구에서는 Microscopic - Simulation을 이용하여 사업의 영향 반경의 교통체계와 소통현황을 전반적으로 분석할 수 있는 방법을 제시하였다.

사업의 시행 전·후 및 개선안 시행시 교통체계를 Microscopic-Simulation을 이용하여 분석한 결과, Visual한 화면과 네트워크 단위 분석이 가능해 짐으로써 기존의 문제점을 보완할 뿐 아니라 손실비용계산과 같은 분석적인 지표들을 추정할 수 있게 되었다.

Microscopic-Simualtion으로 네트워크 전체의 총 통행시간, 총 통행거리등과 같은 분석 결과를 이용하여 사업의 시행으로 인한 손실비용의 예측이 가능하게 되었다.

2. 향후연구과제

본 논문과 같이 교통영향평가시 사업의 시행으로 인한 영향을 분석하기 위해서는 좀 더 체계적이고 효과적인 영향권 설정 기법의 개발이 선행되어야 한다고 판단된다. 네트워크 전체의 분석에 있어서 분석 범위의 기초이며 중요한 단계이기도 하기 때문이다.

하지만 교통영향평가에 대한 분석을 하기위한 기본 자료 구축이 미흡한 실정이다. 현재 교통영향평가 시 사업시행 전의 조사를 시행하여 조사자료를 구축하나 사업시행 후에는 조사를 실시하지 않아 사업 시행 전과 후의 실제적인 변화를 알 수가 없다. 따라서 어떤 영향권 설정 방법이 제시된다하여도 실제의 변화와 예측된 결과를 비교 분석 할 수 없다.

교통영향평가 분석방법이 좀 더 효과적으로 개선되기 위하여 사업시행 전·후의 조사자료가 DB로 구축되면 정확한 영향권 설정 기법의 개발이 가능해지게 된다. 또한 분석범위의 체계화로 네트워크 분석 기법도 좀 더 정확한 분석이 가능해 진다.

참고문헌

1. 한국개발연구원(2004), 도로·철도 사업부문의 예비타당성조사 지침 제4판
2. 건설교통부(2005), 교통영향평가지침
3. 한주성(1996), 교통지리학, 법문사
4. 한국교통연구원(2005), 월간교통 2005년 3월
5.. 한국교통연구원(2004), 교통영향평가제도 개선 방안
6. 한국교통연구원(2004), 교통영향평가제도 개선방안-전문가 정책토론자료
7. 송지영 외 1인(1999), 고속도로 영향권 설정 기법 개발
8. 한국교통연구원(2005), 교통수요 검증의 위한 기초연구
9. 한국교통연구원(2005), 교통영향평가제도의 개선 및 교통유발계수의 산정모형 정립을 위한 기초연구
10. 환경·교통·재해등에 관한 영향평가법
11. 한국교통연구원(1998) 교통영향평가서 분석
12. AASHTO (1990), A Policy on Geometric Design of Highway Street.
13. FHWA (1988), Mannual in Uniform Traffic Control Devices.