▣ 論 文 ▣

도심상업지역의 노상 하역공간 최적배치계획에 대한 연구

A study on location planning of the on-street loading/unloading bays in the central business district

이 상 용
(부산발전연구원 전문위원)

정 헌 영
(부산대학교 도시공학과 교수)

목 차

Ⅰ. 서론
1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
3. 기존연구에 대한 고찰
Ⅱ. 화물차량의 조업실태 분석
1. 조사의 개요
2. 화물차량의 조업 실태
Ⅲ. 노상 하역공간의 배치계획 수법
1. 노상 하역공간의 최적 규모 설정 방법
2. 노상 하역공간의 최적 위치 산정 방법
Ⅳ. 도심상업지구에서의 노상 하역공간 배치
1. 노상 하역공간의 최적 규모 결정
2. 노상 하역공간의 최적 위치 결정
Ⅴ. 결론
참고문헌

Key Words : 서비스율, 도착율, 교통강도, 노상 하역공간, 도시물류
service rate, arrival rate, traffic intensity, on-street loading zone, city logistics

요 약

도시내부에서 발생하는 화물자동차의 이동에 따라 도심상업지역에서는 노상 하역공간(loading zone)이 반드시 필요하다. 그렇지만, 현재 대도시의 도심상업지역의 경우는 하역공간의 설치미비로 인하여 화물자동차들은 마땅한 조업공간이 없어 노상에서 불법주정차 행위를 하고 있는 실정이다. 이로 인하여 도심교통의 장애를 야기하는 하나의 원이 되었으며, 그로 인한 혼잡은 심각한 수준에 도달해 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 이러한 문제점을 다소나마 해결할 수 있도록 노상하역공간의 정비방안을 살펴보고, 부산의 도심상업지역인 서면지역 일대를 대상으로 하여 노상하역주차 특성을 면밀히 고찰함으로써 그 적용가능성도 확인할 수 있었다. 본 연구에서 노상 하역공간의 정비는 규모 즉, 조업을 행할 수 있는 주·정차 베이(bay)의 개수 추계와 함께 이들의 적절한 배치장소를 모색하는 것이다. 규모적 측면에서의 주·정차 베이 수는 조업차량의 도착율 및 서비스율에 기초한 대기행렬의 적용을 통하여 산출 할 수 있었으며, 배치장소의 결정은 화물운반에 대한 저항함수를 정식화함으로써 최소 저항이 되는 위치를 산정할 수 있었다.

Loading zone is necessary to central business district(CBD) due to freight trucks coming into inner city. Currently truck drivers in metropolitan area are forced to illegally park their freight trucks on the roads close to the business facilities because there is no or few loading zones available in the CBD. This situation would bring into traffic congestion and even might block local roads in the CBD.

This study reviews the existing improvement plans in city logistics, and examines delivery characteristics related to freight trucks and drivers in Seomyeon, the central downtown of Busan. Also it conducts a location planning for on-street loading/unloading bay using a technical method for arranging loading space. This research estimated the number of parking and stop bays for truck's operation using queueing theory based on truck-service rate and arrival rate, and found locations with the minimum resistance function values for freight movement in arranging on-street loading/unloading bays.

Ⅰ. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1970년대부터 80년대를 거치면서 국가 경제기반 구축을 위해 국가 간 및 지역 간 물류의 효율화에 대해서는 많은 노력을 기울여 왔다. 그렇지만, 이와는 달리 도시물류에 대한 관심소홀로 인하여 도시내부 화물자동차운송업의 효율화는 선진외국도시에 비해 매우 미흡한 실정이다.

2004년 대한상공회의소에서 발표된 자료에 의하면 매출액 대비 기업물류비가 9.9%로 처음으로 한 자리 숫자에 진입하였으나, 주요 경쟁상대인 일본(5.0%), 미국(7.5%)보다는 여전히 높은 수치를 나타내고 있다고 보고되었다. 또한 2005년 자료에 의하면 기업물류비가 9.7%로 2004년에 비해 0.2% 하락하였으나, 1999년 이후 2년 단위기준으로 1.0%이상의 하락추세를 보이던 것에 비해 하락폭이 둔화 된 것으로 나타났다. 이는 대기업들의 물류관리 혁신방안에 따른 결과를 반영한 것이지, 중소기업들의 물류공동화, 첨단물류시스템 도입 등의 노력은 아직 미흡한 것으로 상당한 개선과제가 남아있음을 시사하는 것이다. 즉, 대기업은 자력으로 물류의 첨단화를 추구하며 효율화를 도모할 수 있지만 중소기업 및 영세규모의 화물자동차 운송업체는 그렇지 못한 실정이다. 이에 따라 중소기업 및 영세규모의 화물자동차 운송업체를 위한 물류활동 활성화 방안이 마련되어야 할 것이다.

따라서, 현재 각 도시내부에서 일어나고 있는 물류현황 파악과 함께 해당 도시에 가장 적합한 수송체계를 구상하여 그에 적합한 시스템을 갖출 수 있는 방책을 제시함으로써 도시물류의 효율화를 도모해야 할 것이다. 본 연구에서는 도시물류 효율화 방안의 하나로, 도시물류의 주 이동수단이 되는 화물자동차가 상업지역에서 최종적인 화물취급을 함에 있어 보다 효율적으로 행해질 수 있도록 하는 노상하역공간의 정비방안을 제시하고 이를 현실에 적용해 보고자 하는 것이 연구의 목적이다.

2. 연구의 범위 및 방법

도시내부에서 발생하는 화물자동차의 이동에 따라 도심상업지역(C.B.D)에서는 노상 하역공간(loading zone)이 반드시 필요하다. 그렇지만, 현재 대도시의 도심상업지역의 경우는 하역공간(loading zone)의 설치미비로 인하여 화물자동차들은 마땅히 노상에서 조업활동을 할 공간이 없어 주도로의 연도주변에서 불법주정차 행위를 하고 있으며, 이로 인하여 도심의 교통 장애를 야기해 그 혼잡은 심각한 수준에 도달해 있는 실정이다. 이로 인하여 화물자동차의 도심으로 접근은 어려워 운송시간 및 비용의 증가를 야기하게 됨으로써, 영세기업들은 적은 량의 화물수송에도 불구하고 대기업들에 비해 상대적으로 운송비용이 높아지는 현상이 발생하고 있다.

본 연구에서 다루는 말단물류시설의 정비방향은 도심상업지역에서의 노상 하역공간의 최적배치에 관한 것으로 크게 두 가지 측면에서 접근할 수 있다. 첫 번째는 대기행렬이론을 적용한 주·정차 베이(bay)의 개수 추계이며, 두 번째는 이렇게 추계된 베이의 개수를 화물의 배달 및 집하를 행함에 있어 이동행위에 대한 저항이 최소가 되도록 하는 정수계획법을 제안하여 최적 베이 위치를 결정하는 것이다.

이를 위하여 최적배치계획의 이론적 틀을 모색하고, 사례지역을 선택하여 화물자동차의 조업실태를 면밀히 파악함으로써 실제 현상에 적용하는 것으로 한다.이때, 조사대상이 되는 지역은 부산의 도심상업지역인 서면시장 일대이며, 조사는 평일과 주말 양일간 실시하였다.

3. 기존연구에 대한 고찰

정헌영 & 신진권(1998), 塚口博司 & 鄭憲永(2000)의 연구에서는 도시물류는 지역적 특색에 따라 그 정비 방안이 달라져야 함을 인식함으로써, 대상지역의 화물이동 패턴에 대한 세부적 분석을 바탕으로 시설정비방안을 도출하고자 하였다. 그러나 이들의 연구는 명시적인 정식화에 의한 도출방법은 아니었으며, Aiura & Taniguchi(2005)의 연구에서는 모형을 바탕으로 시설정비방안에 대해 논의 하였지만 도시물류의 특성인 지역적 실태파악은 고려하지 않았다. 또한, 秋田 直也 & 小谷 通泰(2006)은 대상지구의 실태파악을 통한 노상 하역주차 베이의 배치수법을 연구하였으나, 화물이동의 다양한 패턴을 고려하지는 못하였다.

이외에도 비록 말단물류시설에 대한 연구는 아니지만, Noritake(1990), Taniguchi(1996), 정헌영・이상용(2004), 이상용·정헌영(2005) 등의 연구는 화물자동차의 물류시설이용 패턴에 따른 물류시설 정비방안에 관한 연구로 하역공간의 규모를 현상적 측면에서 분석할 수

있는 방법을 제시하였다.

이상과 같은 기존 연구들을 통하여, 도심상업지역에 있어 노상 하역공간의 배치를 위해서는 화물차량의 시설이용 패턴 및 조업활동에 대한 세부적 형태를 파악하고, 이를 통한 수리적 정식화 모델을 구축할 필요가 있다고 판단된다.

Ⅱ. 화물차량의 조업 실태분석

1. 조사의 개요

부산시에서 화물자동차의 조업활동이 빈번하게 일어나는 서면의 도심상업지역을 대상으로 화물취급실태를 파악하였다. 조사는 연구대상지역의 시설물조사 및 조업화물실태조사로 나누어 조사를 행하였다. 시설물조사는 2007년 6월 28일 1일 동안 행해졌으며, 조업화물실태조사는 2007년 7월 27일부터 28일까지 양일간 08시부터 21시까지 이루어 졌다.

시설물조사는 연구대상지역내 존재하고 있는 시설물의 용도 및 시설물 층수, 그리고 각 층별 면적 등을 조사하였고, 조업화물실태조사는 집배형태, 방문시설 수 및 용도, 하역거리 및 하역시간 등을 조사하였다.

〈표 1〉 말단물류시설에서의 화물처리실태 조사의 개요

구분		세부내용
조사목적		화물처리실태파악을 통한 말단물류시설 정비방안 모색
조사장소		부산광역시 진구 서면일대(도심상업지구)
조사일시	면접조사	2007년 6월 28일
	조업화물실태조사	2007년 7월 27일(금)~28일(토) (2일간 08:00~21:00)
조사형태		화물추적조사, 서면 및 면접조사
조사항목	면접조사	• 시설물의 용도·층수·면적 등
	조업화물실태조사	• 차량의 종류, 주차장소, 화물취급량, 화물운반형태, 집배송형태, 화물취급시간 등

2. 화물차량의 조업 실태

조사대상구역에서 2007.07.27~28 양일간 08:00~21:00까지 조업활동을 실시한 차량의 대수는 383대로 나타났다. 또한, 이 차량들이 주차한 장소를 주차구획선 내의 합법적인 노상주차와 불법주차로 구분하였는데, 불법주차는 주차구획선 옆의 이중주차와 단순히 구획선 밖의 노상주차로 세분하였다. 그 결과 조사기간 동안 노상에서 불법적으로 주·정차하는 행위가 329대로 전체의 85.9%였으며 특히, 주차구획선 옆에 이중주차행위를 함으로써 교통흐름의 방해를 끼치는 경우가 54대로 14.1%를 차지하고 있었다. 이와 같은 결과에서도 알 수 있듯이 화물조업활동을 행하는 차량에 대한 관리가 서면 도심일대의 교통상황을 개선할 수 있는 중요한 사항이 된다.

〈표 2〉 화물차량의 노상주차장소

구분	금요일		토요일		전체	
	빈도	%	빈도	%	빈도	%
주차구획선내	33	16.34	21	11.60	54	14.10
불법주차	140	69.31	127	70.17	267	69.71
이중주차	29	14.36	33	18.23	62	16.19
합계	202	100.00	181	100.00	383	100.00

하역작업을 행한 차량의 종류를 살펴보면, 조사 양일간 280대인 73.10%가 화물차량이 차지하고 있었고 15인승 이상의 승합차는 44대로 11.49%, 자전거 및 오토바이와 같은 이륜차량이 31대로 8.09%를 차지하고 있었다. 이와 함께 승용차로 이루어진 화물의 하역작업은 28대로 7.31%를 차지하고 있었다.

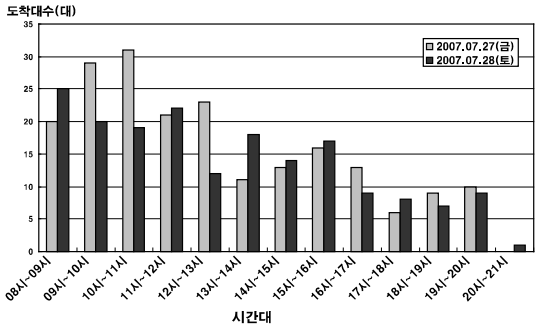
〈표 3〉 조업활동을 행하는 차량의 종류

구분	금요일		토요일		전체	
	빈도	%	빈도	%	빈도	%
승용차	13	6.44	15	8.29	28	7.31
승합차	29	14.36	15	8.29	44	11.49
트럭(1.5t미만)	108	53.47	87	48.07	195	50.91
트럭(1.5t이상)	34	16.83	51	28.18	85	22.19
이륜차 (자전거, 오토바이)	18	8.91	13	7.18	31	8.09
합계	202	100	181	100.00	383	100.00

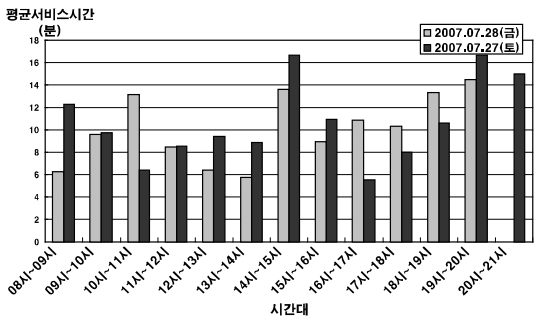
조사대상구역에서 조업활동을 행하는 차량 중 조업형태에 대해 구분하면, 조사 양일간 배달에 의한 차량이 317대로 82.77%를 차지하였으며, 집하에 의한 차량은 26대로 6.79%, 집배송을 동시에 행하는 차량의 경우는 40대로 10.44%를 차지하고 있었다.

〈표 4〉 화물차량의 조업형태 (단위 : 대, %)

구분	금요일	토요일	전체
배달	160(79.21)	157(86.74)	317(82.77)
집하	17(8.42)	9(4.97)	26(6.79)
집배송 동시	25(12.38)	15(8.29)	40(10.44)
합계	202(100.00)	181(100.00)	383(100.00)



〈그림 1〉 시간대별 화물차량 도착대수



〈그림 2〉 시간대별 화물차량의 평균서비스시간

화물차량이 조사대상지역에 도착한 시간대별 분포 와 그 때의 평균서비스 시간을 살펴보면, 〈그림 1〉, 〈그림 2〉와 같이 평일에는 10~11시, 주말에는 8~9시에 화물차량이 가장 많이 도착하였으며, 서비스시간은 양일간 모두 오후 시간대인 19~20시가 가장 긴 작업을 행하고 있는 것을 알 수 있다.

조사대상지역에서 조사일자별 화물차량의 도착형태와 화물취급을 위한 서비스 시간형태를 분석하기 위하여 대기행렬이론(Queuing Theory)을 적용하여 도착분포와 서비스 시간분포를 확인하였다. 대기행렬이론의 적합성을 알기 위해서 실제 관측값과 모형에 의한 값 간의 χ^2 적합도 검정을 실시하였다.

먼저, 화물조업차량의 도착분포에 관해서는 조사 양일간 모두 유의수준 1%에서 포아송 분포에 적합한 것을 확인할 수 있었으며, 화물조업차량의 평균 도착율은 금요일의 경우는 2.59대/10분, 토요일의 경우는 2.32대/10분으로 나타났다.

서비스 시간분포에 관해서는 조사 양일간 모두 유의수준 1%에서 2차 Erlang분포에 적합한 것을 확인할 수 있으며, 화물조업차량의 평균 서비스율은 금요일의 경우는 1.016대/10분, 토요일의 경우는 0.975대/10분으로 나타났다. 조사구역내의 화물조업차량에 대한 도착 및 서비스율과 교통강도의 값을 정리하면 〈표 5〉와 같다.

조사대상지역의 조업화물차량 도착분포 및 서비스 시간 분포에 대해서는 〈그림 3〉과 〈그림 4〉에 나타내었다.

화물의 배달형태에 따라 한 지점만을 이동하는 단일 이동에 대한 평균 편도이동거리는 18.99m이며, 여러 지점을 동시에 이동하는 복수이동형태에 대한 평균 편도

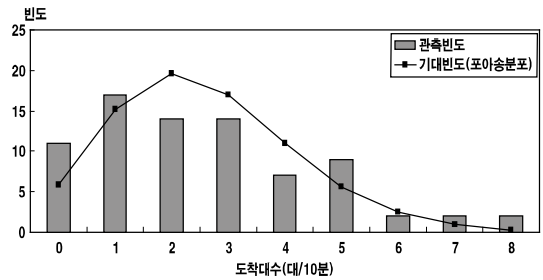
〈표 5〉 조사구역내 화물조업차량의 도착 및 서비스 현황

구분	2007.07.27(금)	2007.07.28(토)
기간	13시간(08:00~21:00)	
도착율	2.590(대/10분)	2.321(대/10분)
서비스율	1.016(대/10분)	0.975(대/10분)
교통강도	2.549	2.379
도착분포	포아송 분포(2.08*)	포아송 분포(6.90*)
서비스 시간분포	2차얼랑 분포(23.27*)	2차얼랑 분포(23.47*)

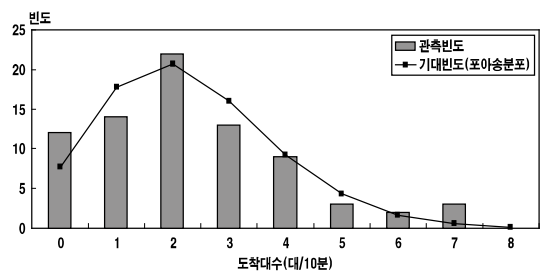
주 : ( )안은 χ^2-통계량
*는 0.01에서 유의함을 나타냄.

〈표 6〉 화물배달형태에 따른 하역이후 평균이동거리

구분		금요일	토요일	전체
단일 이동	빈도(대)	132	114	246
	평균거리(m)	16.69	21.66	18.99
	평균이동시간(분)	0.78	0.84	0.81
복수 이동	빈도(대)	23	37	60
	평균거리(m)	61.32	52.76	56.04
	평균이동시간(분)	1.27	1.68	1.52

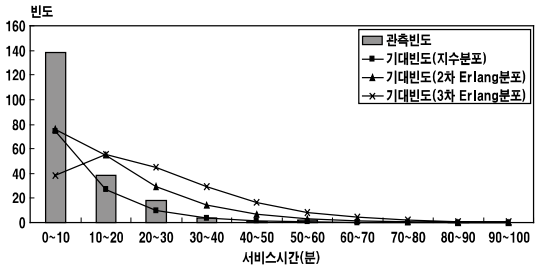


2007.07.27 도착분포

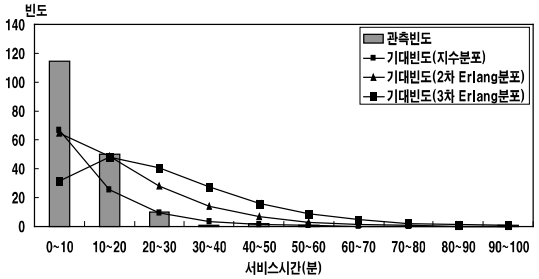


2007.07.28 도착분포

〈그림 3〉 조사대상지역의 조업화물차량 도착분포



2007.07.27 서비스 시간 분포



2007.07.28 서비스 시간 분포

〈그림 4〉 조사대상지역의 조업화물차량 서비스시간 분포

이동거리는 56.04m로 나타났다. 또한, 화물배달형태에 따라 하역이후의 이동시간을 살펴본 결과, 단일이동형태에 따른 평균 하역시간은 0.81분이며 복수이동형태에 따른 평균 하역시간은 1.52분으로 나타났다.

Ⅲ. 노상 하역공간의 배치계획 수법

1. 노상 하역공간의 최적 규모 설정 방법

노상에서 화물자동차의 조업활동을 원활히 할 수 있는 하역공간(loading zone)의 규모 즉, 주·정차 베이의 수를 결정하는 방법은 이곳에서 이루어지는 물류활동의 모든 물류비가 최소가 되도록 하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이는 화물자동차의 조업형태에 따라 주·정차 베이에서의 베이수 S에서 하루 동안 운영되는 시간 T동안 소비되는 총비용 C_s 즉, 주·정차 베이에서 발생하는 비용 C_b와 조업활동을 하는 화물자동차에 관한 비용 C_t의 합이 최소가 되는 베이의 수 S를 결정하는 것으로 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$C_s = C_b + C_t = c_b TS + c_t T\overline{n_s} \qquad (1)$$

c_b : 1 베이의 1시간 당 비용〔원/시〕

c_t : 화물자동차 1대의 1시간 당 비용〔원/시〕

$\overline{n_s}$: 베이 수가 S 경우, 기간 T에 있어서 하역공간(loading zone) 내의 화물자동차 평균체류대수

식(1)에서 양변을 $c_t T$로 나누면, 베이 수가 S일 때 기간 T에 있어서 화물자동차 1대 당 비용과 화물터미널에서 소비되는 총비용과의 비율 $r_s(=C_s/c_t T)$ 및 베이·화물자동차 비용비율 $r_{bt}(=c_b/c_t)$는 차량의 평균체류대수 $\overline{n_s}$에 의한 함수로 표현되는데, 이는 서비스 시간분포가 규칙성을 띄는 k차 Erlang분포 $M/E_k/S(\infty)$모델에 의해 교통강도(traffic intensity) a만의 함수인 식(2)와 같이 표현된다[1].

$$r_s = r_{bt}S + \frac{a^{S+1}}{(S-1)!(S-a)^2} \times \left\{\sum_{n=0}^{S-1}\frac{a^n}{n!} + \frac{a^S}{(S-1)!(S-a)}\right\}^{-1} \times \left\{\frac{1+(1/k)}{2} + (1-\frac{1}{k})(1-\frac{a}{S})(S-1)\frac{\sqrt{4+5S}-2}{32a}\right\} + a \qquad (2)$$

2. 노상 하역공간의 최적 위치 산정 방법

노상 하역공간(loading zone)에서의 주·정차 베이에 대한 공간배치는 대상지구내에서 화물의 조업활동을 행함에 있어 정해진 화물을 출발지에서 목적지까지 최소의 비용으로 운송계획을 결정하는 시설의 입지문제로 귀결되어진다. 이와 같이, 기존의 화물터미널 및 배송센타 등의 물류시설과 관련된 입지문제는 화물차량 수송비용의 최소화와 관련이 되어있다.

노상하역주차를 위한 m개의 주·정차 베이에서 n개 지점의 상점에 배달 및 집하하는 경우를 생각하고, m개의 베이에서의 공급량을 각각 $S_1, S_2, \cdots, S_m$, n개의 상점에서의 수요량을 각각 $D_1, D_2, \cdots, D_n$이라 하면 대상지점에서의 최소 부하량(L)을 가지는 지점을 찾는 문제로서 설명할 수 있는 것이다.

그러나, 실제로 하역공간(loading zone)의 입지문제는 대상지구내에서 사람이 손이나 손수레를 이용하여 최종목적지까지 배달 혹은 집하하는 경우가 대부분이기 때

1) $\overline{n_s}$를 나타내는 세부적인 수식의 도출과정은 谷口榮一ら(1996), 정헌영·이상용(2004)과 이상용·정헌영(2005)의 연구 등을 참조

문에 하역공간을 산정하는 부분에서의 수송비용은 인간이 화물을 운반하는데 소요되는 부하량(L) 즉, 저항이 최소가 되는 것으로 결정되어진다. 노상 하역공간(loading zone)에서 조업활동을 행함에 있어서는 단순히 화물량과 이동거리만으로는 사람에 의한 이동을 고려할 수 없는 것이다. 즉, 도심상업지구에서 행해지는 조업활동은 배달과 수집되는 지점에 대한 속성과 취급화물량에 따라 그 형태가 다양하게 나타난다. 실제로 도심의 상업지구에서 행해지는 조업행태는 대다수가 수작업에 의하여 화물이 박스(box) 단위나 묶음 단위로 배송과 집하가 이루어지기 때문에 주·정차 장소에서 도로를 횡단하거나 건물내부에서의 상하이동이 존재하게 되면, 조업행동이 매우 어려워져 도로횡단 및 건물내부 상하이동은 조업활동의 저항으로써 작용하게 될 것이다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 조업활동을 행함에 있어서의 저항과 관련된 변수를 고려하여 식(3)을 정식화 하였다.

$$\text{Minimize } L=\sum_i\sum_j O_i \cdot d_{ij} \cdot c_{ij} \cdot h_{ij} \cdot X_{ij} \qquad (3)$$

$$\text{subject to } \sum_{i=1}^{m} O_{ij}=S_i \quad (j=1,2,3,\cdots,n)$$

$$\sum_{j=1}^{n} O_{ij}=D_j \,(i=1,2,3,\cdots,m)$$

$$O_{ij}\geq 0 \quad (i=1,2,3,\cdots,m;j=1,2,3,\cdots,n)$$

$$\sum_{i=1}^{m} S_i=\sum_{j=1}^{n} D_j=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} O_{ij}$$

$$c_{ij}\geq 1,\ (i,j=1,2,3,\cdots,n\ ;\ i\neq j)$$

$$h_{ij}\geq 1,\ (i,j=1,2,3,\cdots,n\ ;\ i\neq j)$$

단, O_{ij} : i지점에서 j지점으로 운반하는 화물량

d_{ij} : i지점에서 j지점으로의 평면이동거리

c_{ij} : 도로를 횡단하여 화물 O_i를 i지점에서 j지점으로 이동하는 행위에 대한 저항, 도로를 횡단하지 않으면 1

h_{ij} : 건물에서 상하이동하여 화물 O_i를 i지점에서 j지점으로 이동하는 행위에 대한 저항, 상하이동이 없으면 1

X_{ij} : 화물 O_i를 i지점에서 j지점으로 이동할 수 있으면 1, 이동할 수 없으면 0

식(3)에서 도로횡단에 따른 저항 c_{ij}와 건물내부에서 상하이동에 대한 저항 h_{ij}는 동일한 거리를 도로횡단 및 상하이동이 없이 이동할 경우에 소요되는 시간과의 관계에 따른 함수로써 나타내어진다. 이는 식(4) 및 식(5)와 같이 표현되어진다.

$$c_{ij}=\frac{T_{hij}}{T_{uij}} \qquad (4)$$

T_{hij} : 도로횡단 행동을 하여 지점 i에서 지점 j까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

T_{uij} : 도로횡단 행동 및 건물상하이동 행동을 하지 않고 지점 i에서 지점 j까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

$$h_{ij}=\frac{T_{p_{ij}}}{T_{uij}} \qquad (5)$$

$T_{p_{ij}}$: 건물내부에서 상하 이동 행동을 하여 지점i에서 지점j까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

도심 상업지역에서의 화물 O를 지점i에서 지점 j으로의 이동가능 여부를 판단하는 X_{ij}는 도착지점에서 최단거리에 그 후보지가 존재하느냐 존재하지 않느냐에 따라 그 값이 1과 0로써 나타내어진다.

Ⅳ. 도심상업지구에서의 노상 하역공간 배치

1. 노상 하역공간의 최적 규모 결정

조사대상구역에서 화물차량의 노상 하역공간(loading zone) 주·정차 베이수를 산정하기 위하여, 고려되는 화물차량 1대의 1시간 운영비용 c_t와 주·정차 베이에서 1시간 동안 소비되는 운영비용 c_b는 각각 783원/시, 1,095원/시로 나타났다.[2] 따라서, 화물차량의 주·정차베이·화물자동차 비용비율 r_{bt}는 1.398로 나타났다.

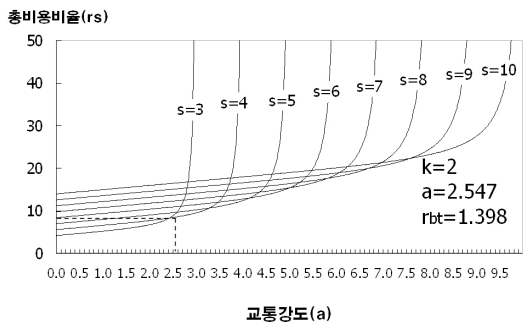
이렇게 결정된 r_{bt} 및 앞서 도출한 교통강도의 값을 이

2) 화물차량 1대의 1시간 동안의 운영비용은 조사대상 지역에 유입한 화물차량들을 대상으로 운전기사에게 1일 유류비용을 직접 질의하여 산출하였으며, 주·정차 베이(bay)에서 소비되는 1시간당 운영비용은 국가교통데이터베이스(KTDB) 웹페이지(http://www.ktdb.go.kr/index.jsp)에서의 화물터미널의 1berth 운영비용을 근거로 하여 산출하였다.

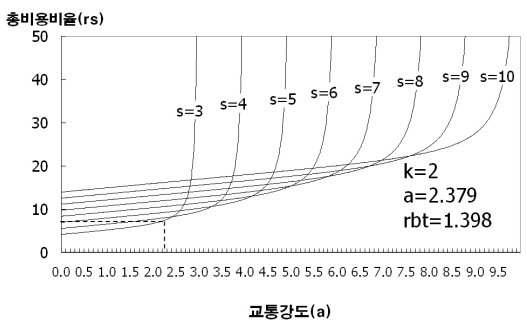
용하여 조사대상지역의 최적 주·정차 베이수를 산정하면, 〈그림 5〉, 〈그림 6〉에서와 같이 2007. 07. 27(금)의 경우에는 4개의 베이, 2007. 07. 28(토)의 경우에는 3개의 베이가 산정되었다.

조사대상구역의 노상 하역공간이 효율적으로 운영되기 위한 최적 주·정차 베이수는 조사일시에 따라서 각기 다른 결과를 가져왔지만, 조사대상구역이 상업지구인 점을 감안하여 판단해 보면 4개의 주·정차 베이가 필요할 것으로 판단되어진다. 이는 최적 교통강도의 결정을 해당 시스템에서의 시간적 교통강도 변화를 고려하여 결정하는 경우 이틀간의 평균인 2.463를 적용하게 되어도 4개의 주·정차 베이가 필요한 것으로 나타나게 된다.[3)]

이 같은 결과는 조사대상구역내에 존재하는 노상주차장 면수가 비록 63면이 존재하고 있으나, 이들의 용도는 화물차량의 조업활동을 위한 공간만으로 활용되고 있는 것이 아니라 모든 차량에 대해서 할애하고 있으며, 또한, 노상주차장이 24시간 동안 항상 차량이 주차할 정도로 많은 차량이 유출입하고 있는 것도 아니기 때문에 4면을 정비하여 조업주차공간으로 활용하는 것은 적합하다고 판단되어진다.



〈그림 5〉 2007.07.27(금)의 최적 주·정차 베이수 결정곡선

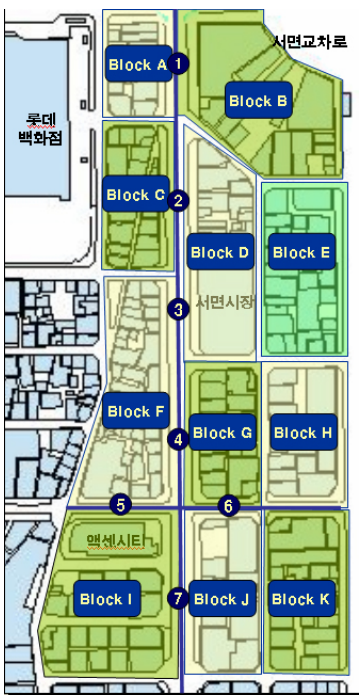


〈그림 6〉 2007.07.28(토)의 최적 주·정차 베이수 결정곡선

2. 노상 하역공간의 최적 위치 결정

화물차량이 조업활동을 행하기 위한 주·정차 베이의 위치를 결정하기 위해서는 우선적으로 조사대상구역의 설치 가능한 지점에 후보지점을 설정하여야 한다. 이를 위하여 본 연구에서는 화물차량이 손쉽게 진출입을 할 수 있는 주도로상의 연도(沿道)지점을 대상으로 하여 건물이 밀집해 있는 블록과 가장 근접한 지점에 〈그림 7〉과 같이 7개 후보지를 결정하였다[4)].

식(3)과 같이 각 후보지에서 대상 건물로 화물을 배송



〈그림 7〉 주·정차 베이의 후보지

3) 이상용, 정헌영(2005)의 연구에 의하면 교통강도 a는 물류시스템에 있어서 하역작업의 활성화에 따라 매우 급변하게 되는데, 이렇게 변동이 심한 a를 시스템의 규모를 산정하기 위해 선택하기 위해서는 화물차량과 물류시설사이에서 초과적으로 발생하는 비용을 최대한 서로 상쇄시킬 수 있는 교통강도 a를 결정하는 것이 중요하다고 하였다. 본 연구에서의 조사일시가 2일에 한정되어 있기 때문에 이들의 평균값을 적용하여도 큰 값의 변화가 존재하지 않기 때문에 평균값을 이용하였다.

4) 당해지역은 화물차량의 조업활동 빈도가 매우 높은 지점이기 때문에, 일정간격을 두고 후보지점을 더 세부적으로 설정할 수 있으나 도로여건 및 통행특성을 고려하여 7개 후보지점으로 선택하였다.

및 집하할 때 발생하는 도로횡단 저항함수 c_{ij}와 건물내부에서 상하이동 저항함수 h_{ij}를 산출하기 위하여 조사대상구역의 각 건물에 대한 화물이동패턴을 고려하였다.

도로횡단에 따른 저항함수 c_{ij}와 건물내부에서 상하이동에 대한 저항함수 h_{ij}는 화물의 배달 및 집하시간과 관련된 함수이기 때문에, 배달·집하시간에 영향을 미치는 변수를 각각 평면이동거리, 취급화물량, 배달 및 집하를 위한 대상 건물에서의 이동층수, 주도로 횡단횟수로 구분하여 설정하고, 이에 대한 관련성을 살펴보기 위하여 상관분석을 실시하였다. 그 결과 평면이동거리와 건물의 이동층수만이 유의성을 가지는 것으로 나타났다.

따라서, 본 연구에서 선택한 대상구역에서는 도로횡단에 따른 저항함수 c_{ij}는 존재하지 않는다고 판단하여 건물내부에서 상하이동에 대한 저항함수 h_{ij}만을 구축하고 이를 통하여 화물을 운반하는데 소요 되는 부하량(L)이 최소가 되도록 하는 주·정차 베이의 위치를 결정하는 것으로 한다.

이 같은 결과는 대상지역의 특성을 반영하는 것인데, 대상지역의 주도로가 차량의 통과 및 접근의 기능만을 하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 실제로 대상지역의 주도로는 왕복 4차선 도로이지만, 1~2개 차선은 불법주·정차하는 차량과 오토바이, 자전거 등이 항상 점유하고 있는 실정이다. 이에 따라 차량과 사람이 혼재되어 사람들이 신호등의 제약에 따른 통행을 행하지 않고 아무런 저항 없이 횡단하고 있기 때문으로 판단되어진다.

또한, 화물량이 배달 및 집하의 시간 및 운송수단과는 상관관계가 크게 나타나지 않은 이유는 화물차량에서 배달 및 집하할 수 있는 범위까지 차량이 이동하여 그 주변에 주·정차를 행하기 때문에 그 영향력은 매우 미약한 것으로 판단되어진다[5].

따라서, 도로횡단에 따른 저항함수 c_{ij}는 제외하고, 식(5)에서와 같이 건물의 상하이동에 대한 저항함수 h_{ij}만을 산출하였다[6]. 건물내부에서 상하 이동 행동을 하여 지점 i에서 지점 j까지 배송 및 집하한 경우의 배송·집하 시간함수 $T_{p_{ij}}$는 지점 i에서 지점 j까지의 평면이동거리(d_{ij})와 지점 j의 대상건물에서의 상하이동층수를 독립변수로 설정하고 다중회귀분석 및 로그선형회귀분석을 통해 알 수 있다.

다중회귀분석의 경우는 회귀결정계수가 0.286으로 크게 높게 나타나지는 않았다. 이는 일반적으로 사회적 현상을 반영하기에는 미흡하다고 판단되지만, 각각의 변수의 추정계수에 대해서 살펴보면 그 부호는 예상과 동일하게 양의 부호로 나타났으며 변수에 대한 신뢰성도 높게 나타났다. 또한, 비록 독립변수의 수가 2개이지만, 각 변수들의 상관관계가 높기 때문에 다중공선성의 여부와 오차항들 간의 자기 상관관계를 판단할 필요가 있다. 따라서, 분산팽창계수(VIF) 및 더빈 왓슨(Durbin-Watson)통계량을 통한 분석을 실시한 결과, VIF값이 5를 넘지 않아 다중공선성의 문제는 없는 것을 판단되었으며, 또한 Durbin-Watson값이 2에 가까워 오차항간의 자기상관을 가지고 있지 않음을 알 수 있었다.

〈표 7〉 저항함수에 영향을 미치는 변수들의 상관관계 분석

구분		배달·집하 시간	평면이동거리	취급화물량	주도로 횡단횟수	건물로의 배달층수
배달·집하 시간	상관계수 (유의성)	1.00	0.23*** (0.00)	-0.01 (0.87)	0.10 (0.07)	0.44*** (0.00)
평면이동거리	상관계수 (유의성)	0.23*** (0.00)	1.00	0.00 (0.95)	0.42*** (0.00)	-0.15*** (0.01)
취급화물량	상관계수 (유의성)	-0.01 (0.87)	0.00 (0.95)	1.00	-0.02 (0.77)	-0.08 (0.14)
주도로 횡단횟수	상관계수 (유의성)	0.10 (0.07)	0.42*** (0.00)	-0.02 (0.77)	1.00	-0.10 (0.07)
건물로의 배달층수	상관계수 (유의성)	0.44*** (0.00)	-0.15*** (0.01)	-0.08 (0.14)	-0.10 (0.07)	1.00

주) Pearson상관계수의 양쪽검증에 의한 분석임.
***는 0.01의 수준에서 유의함을 의미함.
**는 0.05의 수준에서 유의함을 의미함.

5) 말단물류시설을 정비함에 있어서는 차량의 이동보다 사람에 의한 이동패턴을 고려해야 함을 알 수 있다.

6) 정헌영, 전상민, 김만경, 손태민(2003)의 연구에서는 본 연구와 동일한 지점을 대상으로 화물차량의 하역주차시간예측모형을 수량화 I 류 분석을 이용하여 구축하였는데, "도로 횡단유무"는 고려하고 있지 않다. 이 같은 이유는 "도로 횡단유무"가 변수로써의 영향력이 미흡하기 때문으로 판단되며, 이는 본 연구에서 도출된 결과와 동일하다.

〈표 8〉 화물의 건물 상하이동에 따른 소요시간함수 결정 회귀모형

변수		비표준화 계수		표준화 계수 (베타)	t-value	유의 확률	VIF	Durbin-Watson
		B	표준오차					
다중회귀 분석	상수	0.360	0.054		6.682	.000		1.683
	평면이동거리(d)	0.012	0.002	0.305	6.576	.000	1.023	
	이동 건물 층수(f)	0.164	0.016	0.487	10.509	.000	1.023	
	회귀결정계수 R^2 : 0.286, adjusted R^2 : 0.282, F통계량 : 68.022, P : 0.000							
로그선형 회귀분석	상수	-1.163	0.062		-18.795	.000		1.328
	평면이동거리(d)	0.578	0.051	0.480	11.399	.000	1.019	
	이동 건물 층수(f)	0.941	0.081	0.492	11.675	.000	1.019	
	회귀결정계수 R^2 : 0.408, adjusted R^2 : 0.405, F통계량 : 117.28, P : 0.000							

로그선형회귀분석의 경우는 회귀결정계수가 0.408로 다중회귀분석의 경우보다 높게 나타나 어느 정도의 사회적 현상을 반영할 수 있는 수준이라고 판단되어진다. 각각의 변수의 추정계수 및 그 부호는 모두 양호하며 변수에 대한 신뢰성도 높게 나타났다. 또한, VIF의 검증과 Durbin-Watson검증에 대한 결과도 양호하게 나타났음을 알 수 있었다. 〈표 8〉에 각 회귀분석의 결과를 나타내었다.

수요지점인 각각의 상점에 대한 화물이동 의사와 관련된 매력정도에 대한 값을 지점 i에서 지점 j까지의 평면이동거리 d_{ij}에 반영하여 식(6)과 같이 화물의 이동의사를 반영한 이동거리 R_{ij}로 나타낼 수 있으며, 이 값들을 식(3)에 대입함으로써 말단물류시설의 최적 주·정차 베이의 위치를 결정할 수 있다.

$$R_{ij} = b_j \cdot u_j \cdot d_{ij} \quad (6)$$

단, R_{ij} : 지점 i에서 지점 j까지의 화물이동의사를 반영한 평면이동거리

b_j : 지점 j가 속한 블록의 용도 비율

u_j : 지점 j에 대한 화물차량의 용도별 이용비율

이상의 과정들을 통하여 각각의 경우별로 화물을 운반하는데 소요되는 부하량(L)이 최소가 되도록 하는 주·정차 베이의 위치를 산정한 결과를 살펴보면, 세 가지 경우 모두에 대하여 후보지 2, 3, 5, 7에 배치하는 경우가 가장 최선의 결과인 것으로 나타났다[7].

비록, 모든 경우에 있어서 결과는 동일하지만, 저항함수를 적용하지 않은 경우 및 다중회귀함수를 적용한 경우보다 로그선형회귀함수를 적용한 경우가 최대값 및 최소값 간의 격차가 크고 표준편차가 높게 나타났다. 이는 다른 함수들보다 로그선형회귀함수가 본 연구에서 설정한 건물의 상하이동에 따른 저항함수 h_{ij}의 영향을 좀 더 민감하게 반영하고 있기 때문으로, 이는 다른 함수들 보다 화물의 조업활동이 사람의 이동에 의해 더 영향을 많이 받는 것을 의미한다.

〈표 9〉 주정차 베이수 결정 부하량

구분	부하량(L)		
	저항함수 미적용	다중회귀 함수 적용	로그선형회귀 함수 적용
평균	1,433,890	1,513,665	1,822,560
표준편차	799,855	808,714	892,894
최소값	269,452	328,618	376,929
최대값	3,645,215	3,725,548	3,989,290
최적배치	2, 3, 5, 7		

〈표 9〉에 저항함수 설정에 따른 부하량(L)의 산출값을 나타내었다. 이러한 결과는 본 연구에서 각각의 블록에 대한 용도별 조업활동이 D, J, I, G블록의 순으로 활발히 일어난 결과 및 블록별 용적률이 I, B, J, K블록의 순으로 높은 결과와 비교해 볼 때 적절한 위치로 결정되었음을 알 수 있다.

Ⅴ. 결론

본 연구에서는 도시물류의 효율화를 꾀할 수 있는 한 방책인 말단물류시설에서의 노상 하역공간의 정비방안을 살펴보았다. 노상 하역공간의 정비는 규모 즉 조업을 행

7) 후보지 조합에 따라 이들 사이에서의 각 부하량(L)의 값은 차이를 보여 순위의 변화는 존재하였지만, 가장 최소의 저항을 가지는 조합은 세 가지 경우 모두 동일한 형태로 나타났다.

할 수 있는 주·정차 베이의 개수 추계와 함께 이들의 적절한 배치장소를 모색하는 것이다.

먼저 본 연구의 대상지역에서의 하역공간 정비규모를 살펴보면, 대상지역의 조업형태를 고려하여 대기행렬이론을 적용한 결과, 최적 주·정차 베이 개수는 4곳으로 설정되었다.

다음으로, 대상지역의 특성을 고려하여 화물이동에 대한 저항함수를 정식화함으로써, 7개의 후보지에 최소저항이 되는 4곳의 주·정차 베이를 배치할 수 있었다. 화물운반에 대한 이동저항함수는 건물의 상하이동에 대한 저항과 주도로 횡단에 의한 저항으로 분류할 수 있지만, 본 연구 대상지역의 특성을 반영한 결과, 주도로 횡단에 따른 저항은 미흡하여 건물의 상하이동에 대한 저항만으로 이동저항함수를 산출하였다. 이때, 화물의 이동에 대한 저항함수는 다중회귀분석과 로그선형회귀분석을 통해 정식화 할 수 있었으며, 특히, 로그선형회귀함수를 적용한 경우의 부하량(L) 표준편차가 892,894로 다중회귀함수를 적용한 경우인 808,714보다 높고, 평균값도 각각 로그선형회귀함수의 경우 1,822,560, 다중회귀함수의 경우 1,513,665로 건물의 상하이동에 대한 저항은 로그선형회귀함수의 경우가 더 민감하게 반영하고 있다는 것을 알 수 있었다.

도심상업지역의 노상 하역공간을 정비하기 위해서는 하역공간의 면수 설정과 함께 적절한 위치에 배치하는 것도 중요하지만, 이러한 시설을 활용할 수 있는 방안을 강구하는 것이 우선적으로 선행되어야 할 것이다. 즉, 화물차량의 노상 하역공간에서 조업활동을 행하는 사람들이 다른 여타의 공간에서는 불법 주·정차에 의한 조업활동을 행할 수 없도록 파킹메타의 설치와 함께 지속적인 단속이 이루어져야 할 것이다. 또한, 대중교통전용지구(transit mall) 등과 같은 제도적 시설을 설치함으로써 도심교통 혼잡을 완화하고, 화물차량의 조업활동이 일반 승용차의 주·정차 행위와 혼재되지 않도록 조정함으로써 조업활동의 불편을 해소하여 시간절약 및 비용절감을 유도할 수 있는 간접적 인센티브를 제공하는 방안도 고려할 필요가 있을 것이다.

본 연구에서 설정한 사례지역에서는 주도로의 횡단에 따른 이동저항은 크게 존재하지 않았으나, 향후에는 보다 다양한 도심상업지역에서 화물자동차의 조업활동 행태를 조사하여 보다 일반화 시킬 수 있는 저항함수를 구축할 필요가 있다고 하겠다. 또한, 노상 하역공간의 규모 및 배치를 결정함에 있어 화물조업활동을 행하는 사람들의 심리적 영향도 고려할 필요가 있을 것이다. 이를 통하여 불법 주·정차를 가급적 행하지 않도록 유도할 수 있는 정비방안을 도출함으로써 주변도로의 교통상황에 기여할 수 있을 것이다.

참고문헌

1. 이상용·정헌영(2005), "최적교통강도를 이용한 컨테이너 터미널의 최적 운영체계 구축에 관한 기초적 연구", 대한교통학회지, 제23권 제3호, 대한교통학회, pp.85~94.
2. 이상용·정헌영(2007), "계층적 수집배송시스템의 최적 계층 및 시설수 산정에 관한 연구", 대한토목학회지, 제27권 제6D호, 대한토목학회, pp.697~704.
3. 정헌영·신진권(1998), "도심상업지역 가로에 있어서 하역의 실태분석과 하역주차공간 산정에 관한 연구", 대한교통학회지, 제16권 제4호, 대한교통학회, pp.65~74.
4. 정헌영·이상용(2005), "유전자 알고리즘을 적용한 화물터미널의 최적입지 선정에 관한 연구", 대한국토·도시계획학회지, 제40권 제1호, 국토계획, pp.47~58.
5. 정헌영·이상용·백은상(2004), "화물차량의 하역특성을 고려한 복합화물터미널에 있어서 최적 berth 수 산정에 관한 연구", 대한교통학회지, 제22권 제4호, 대한교통학회, pp.19~29.
6. 정헌영·전상민·김만경·손태민(2003), "도심지 노상하역 주차개선을 위한 주차안내정보시스템의 도입 연구", 대한국토·도시계획학회지, 제38권 제4호, 국토계획, pp.89~102.
7. 秋田 直也, 小谷 通泰(2006), "都心商業·業務地區における路上荷捌き駐車ベイの配置計劃手法に關する硏究", 日本都市計劃學會 都市計劃論文集, No. 41-3, pp.169~174.
8. 山田忠史, 則武通彦, 谷口榮一, 多賀愼(1999), "物流ターミナルの最適配置計畫への多目的計畫法の適用", 土木學會論文集, No.632, Ⅳ-45, pp.41~50.
9. 谷口榮一·則武通彦·山田忠史·泉谷透(1996), "トラックターミナルの最適バース數決定法に關する硏究",土木學會論文集, No.548, pp.23~33.
10. 谷口榮一, 則武通彦, 山田忠史, 泉谷透,(1998) "物流ターミナルの最適規模および配置の決定法に 關する硏究", 土木學會論文集, No.583, Ⅳ-38, pp.71~81.

11. 塚口 博司, 鄭憲永(2000), "集配送トラックの横持ち行動分析とローディング・ゾーンの計劃に關する基礎的硏究", 第35回日本都市計劃學會學術硏究論文集, pp.589~594.
12. 高橋洋二, 兵藤哲朗, 松尾靖浩(1997), "都市內の荷捌き實態と路上駐停車方策に關する硏究", 第32回日本都市計劃學會學術硏究論文集, pp.583~588.
13. Aiura, N. & Taniguchi, E.(2005), "Planning on-street loading-unloading spaces considering the behaviour of pickup-delivery vehicles", Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp.2963~2974.
14. Campbell, J.(1990), "Locating transportation terminals to serve an expanding demand", Transportation Research Part B, Vol. 24 (3), pp.173~193.
15. Drezner, Z., Guyse, J.(1999), "Application of decision analysis techniques to the Weber facility location problem", European Journal of Operational Research 116, pp.69~79.
16. Noritake, M. and S. Kimura(1990), "Optimum allocation and size of seaports", Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering ASCE, 116(2), pp.287~299.
17. Taniguchi, E., M. Noritake, T. Yamada, and T.Izumitani(1999), "Optimal size and location planning of public logistics terminals", Transportation Research, 35E (3), pp.207~222.
18. Taniguchi, E., Thompson, R.G., T. Yamada, Ron van Duin(2001), "City Logistics", 1st ed, Pregamon.
19. Yoji T., Tetsuro H. and Hirohito K.(1997), "A study on modeling of truck's behavior and policy analysis of transportation system management in C.B.D.", Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 2, No. 6, Autumn, pp.1791~1802.

♧ 주 작 성 자 : 이상용
♧ 교 신 저 자 : 이상용
♧ 논문투고일 : 2007. 12. 6
♧ 논문심사일 : 2008. 1. 28 (1차)
2008. 3. 10 (2차)
2008. 3. 20 (3차)
♧ 심사판정일 : 2008. 3. 20
♧ 반론접수기한 : 2008. 8. 31
♧ 3인 익명 심사필
♧ 1인 abstract 교정필