

# 도심상업지역의 노상 하역공간 최적배치계획에 대한 연구

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

이 상 용

(부산대학교 도시공학과 박사수료)

정 현 영

(부산대학교 도시공학과 교수)

## 목 차

### I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 범위 및 방법
3. 기존연구에 대한 고찰

### II. 노상 하역공간의 배치계획 수법

1. 노상 하역공간의 최적 규모 설정 방법
2. 노상 하역공간의 최적 위치 산정 방법

### III. 화물차량의 조업실태 분석

#### 1. 조사의 개요

#### 2. 화물차량의 조업 실태

### IV. 도심상업지구에서의 노상 하역공간 배치

1. 노상 하역공간의 최적 규모 결정
2. 노상 하역공간의 최적 위치 결정

### V. 결론

### 참고문헌

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라는 1970년대부터 80년대를 거치면서 국가경제기반 구축을 위한 국가간 및 지역간 물류의 효율화에 대해서는 매우 많은 노력을 기울여 왔다. 그렇지만, 이와는 달리 도시물류에 대한 관심소홀로 인하여 도시내부 화물자동차운송업의 효율화는 선진외국도시에 비해 매우 미흡한 실정이다. 도시내부의 물류시스템 효율화를 도모하기 위해 가장 절실히 필요로 되는 것은 거점시설 및 도시 말단물류시설의 정비이며, 이를 위해서는 현재 각 도시내부에서 일어나고 있는 물류현황 파악과 함께 해당 도시에 가장 적합한 수송체계를 구상하고 그에 적합한 시스템을 갖추어 나가는 것이 중요하다고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 도시물류의 효율화를 꾀할 수 있는 한 방책인 말단물류시설 정비방안으로 노상 하역공간의 규모 즉 조업을 행할 수 있는 주·정차 베이(bay)의 개수 추계와 함께 주·정차 베이(bay)의 적절한 배치장소를 모색할 수 있는 방안을 살펴보고자 한다.

## 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.

따라서, 본 연구에서 다루는 말단물류시설의 정비방향은 첫째, 대기행렬이론을 적용한 화물차량의 주·정차 베이(bay) 개수 추계이며, 둘째, 이렇게 추계된 베이(bay)의 개수를 화물의 배달 및 집하를 함에 있어 이동의 저항이 최소가 될 수 있는 주·정차 베이(bay)의 최적 배치 계획이다.

또한, 이와 함께 부산의 도심상업지역인 서면시장 일대를 대상으로 하여 적용해 봄으로써 도시물류체계 개선 가능성을 살펴보고자 한다.

### 3. 기존연구에 대한 고찰

도시물류시스템에서 말단물류시설인 하역주차공간의 규모 및 위치 등의 정비에 관한 연구는 상당수가 존재하고 있다. 정현영 & 신진권(1998), 塚口博司 & 鄭憲永(2000)의 연구에서는 화물이동패턴에 대한 세부적 분석을 바탕으로 시설정비방안을 도출하였지만, 명시적인 정식화에 의한 도출방법은 아니며, Aiura & Taniguchi(2005)의 연구에서는 모형을 바탕으로 시설정비방안에 대해 논의 하였지만 도시물류의 특성인 지역적 실태파악은 고려하지 않았다. 또한, Akita & Odani(2006)은 대상지구의 실태파악을 통한 노상 하역주차 베이(bay)의 배치수법을 연구하였으나, 화물이동의 다양한 형태를 고려하지는 못하였다.

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

즉, 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. 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 베이(bay)의 수를 결정하는 방법은 주·정차 베이(bay)에서 이루어지는 물류활동의 모든 물류비가 최소가 되도록 하는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이는 화물자동차의 조업형태에 따라 주·정차 베이(bay)에서의 베이(bay)수 S에서 하루 동안 운영되는 시간 T동안 소비되는 총비용  $C_s$  즉, 주·정차 베이(bay)에서 발생하는 비용  $C_b$ 와 조업활동을 하는 화물자동차에 관한 비용  $C_t$ 의 합이 최소가 되는 주·정차 베

이(bay)의 수 S를 결정하는 것으로 식(1)로 나타낼 수 있다.

$$C_s = C_b + C_t = c_b TS + c_t T \bar{n}_s \quad (1)$$

$c_b$ : 1 베이(bay)의 1시간 당 비용[원/시]

$c_t$ : 화물자동차 1대의 1시간 당 비용[원/시]

$\bar{n}_s$ : 베이(bay) 수가 S의 경우, 기간 T에 있어서 하역공간/loading zone) 내의 화물자동차 평균 체류대수

식(1)에서 양변을  $c_t T$ 로 나누면, berth 수가 S일 때 기간 T에 있어서 화물자동차 1대 당 비용과 화물터미널에서 소비되는 총비용과의 비율  $r_s (= C_s / c_t T)$  및 berth·화물자동차 비용비율  $r_b (= c_b / c_t)$ 는 차량의 평균체류대수  $\bar{n}_s$ 에 의한 함수로 표현되는데, 이는 서비스 시간분포가 규칙성을 띄는 k차 Erlang분포 M/E<sub>k</sub>/S(∞)모델에 의해 교통강도(traffic intensity) a만의 함수인 식(2)와 같이 표현된다.1)

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

### 2. 노상 하역공간의 최적 위치 산정 방법

노상 하역공간/loading zone)에서의 주·정차 베이(bay)에 대한 공간배치는 대상지구내에서 화물의 조업활동을 행함에 있어 정해진 화물을 출발지에서 목적지까지 최소의 비용으로 운송계획을 결정하는 시설의 입지문제로 귀결되어진다. 이와 같이, 기존의 화물터미널 및 배송센터 등의 물류시설과 관련된 입지문제는 화물차량의 수송비용 최소화와 관련이 되어있다. 그러나, 실제로 하역공간/loading zone)의 입지문제는 대상지구내에서 사람이 손이나 손수레를 이용하여 최종목적지까지 배달 혹은 집하하는 경우가 대부분이기 때문에 하역공간을 산정하는 부분에서의 수송비용은 인간이 화물을 운반하는데 소요되는 부하량(L) 즉, 저항이 최소가

1)  $\bar{n}_s$ 를 나타내는 세부적인 수식의 도출과정은 谷口榮一(1996), 정현영·이상용(2004)과 이상용·정현영(2005)의 연구 등을 참조

되는 것으로 결정될 수 있다.

노상하역주차를 위한  $m$ 개의 주·정차 베이(bay)에서  $n$ 개 지점의 상점에 배달 및 집하하는 경우를 생각하고,  $m$ 개의 주·정차 베이(bay)에서의 공급량을 각각  $S_1, S_2, \dots, S_m$ ,  $n$ 개의 상점에서의 수요량을 각각  $D_1, D_2, \dots, D_n$ 이라 하면 대상지점에서의 최소 부하량( $L$ )을 가지는 지점을 찾는 문제로 귀결되어진다. 즉, 식(3)과 같이 정식화되어진다.

$$\text{Minimize } L = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n O_{ij} \cdot d_{ij} \quad (3)$$

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

$$\sum_{j=1}^n O_{ij} = D_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, m)$$

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

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

$O_{ij}$  :  $i$ 지점에서  $j$ 지점으로 운반하는 화물량

$d_{ij}$  :  $i$ 지점에서  $j$ 지점에서의 이동거리

그러나, 노상 하역공간/loading zone)에서 조업활동을 행함에 있어서는 단순히 식(3)과 같지 않고 몇 가지 고려되는 점이 존재한다. 즉, 도심상업지구에서 행해지는 조업활동은 배달과 수집되는 지점에 대한 속성과 취급화물량에 따라 그 형태가 다양하게 나타나며, 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(4)를 정식화 하였다.

$$\text{Minimize } L = \sum_i \sum_j O_i \cdot d_{ij} \cdot c_{ij} \cdot h_{ij} \cdot X_{ij} \quad (4)$$

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

$$\sum_{j=1}^n O_{ij} = D_i \quad (i=1, 2, 3, \dots, m)$$

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

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

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

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

단,  $c_{ij}$  : 도로를 횡단하여 화물  $O_i$ 를  $i$ 지점에서  $j$ 지점으로 이동하는 행위에 대한 저항, 도로를 횡단하지 않으면 1

$h_{ij}$  : 건물에서 상하이동하여 화물  $O_i$ 를  $i$ 지점에서  $j$ 지점으로 이동하는 행위에 대한 저항, 상하이동이 없으면 1

$X_{ij}$  : 화물  $O_i$ 를  $i$ 지점에서  $j$ 지점으로 이동할 수 있으면 1, 이동할 수 없으면 0

식(4)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(5) 및 식(6)과 같이 표현되어진다.

$$c_{ij} = \frac{T_{hij}}{T_{uij}} \quad (5)$$

$T_{hij}$  : 도로횡단 행동을 하여 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

$T_{uij}$  : 도로횡단 행동 및 건물상하이동 행동을 하지 않고 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

$$h_{ij} = \frac{T_{p_{ij}}}{T_{uij}} \quad (6)$$

$T_{p_{ij}}$  : 건물내부에서 상하 이동 행동을 하여 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지 배송 및 집하한 경우의 소요시간 함수

도심 상업지역에서의 화물  $O$ 를 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 로의 이동가능 여부를 판단하는  $X_{ij}$ 는 도착지점에서 최단거리에 그 후보지가 존재하는지 존재하지 않느냐에 따라 그 값이 1과 0로써 나타내어진다.

### III. 화물차량의 조업 실태분석

#### 1. 조사의 개요

도심상업지역에서 화물을 취급하기 위한 공간이 부족하여 도로변에서 화물차량의 조업활동이 심각하게 이루어짐에 따라 도심의 교통혼잡은 더욱 심화되고 있다. 이러한 도심지구의 교통혼잡을 완화하고 도시물류의 원활화를 유도할 수 있는 한 방법으로 말단물류시설의 정비를 고려할 필요가 있기 때문에 본 연구에서는 하역작업이 빈번하게 일어나는 부산의 도심상업지역인 서면을 대상으로 화물취급실태를 파악하였다.

조사는 연구대상지역의 시설물조사 및 조업화물실태조사로 나누어 조사를 행하였다. 시설물조사는 2007년 6월 28일 행해졌으며, 조업화물실태조사는 2007년 7월 27일부터 28일까지 양일간 08시부터 21시까지 이루어졌다.

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 말단물류 시설 정비방안 모색
조사장소		· 부산광역시 진구 서면일대(도심상업지구)
조사형태		· 화물추적조사, 시설물 조사
조사 일시	시설물 조사	· 2007년 6월 28일
	조업화물 실태조사	· 2007년 7월 27일(금)~28일(토) (2일간 08:00~21:00)
조사 항목	시설물 조사	· 시설물의 용도·층수·면적 등
	조업화물 실태조사	· 차량의 종류, 주차장소, 화물취급량, 화물운반형태, 집배송형태, 화물취급시간 등

## 2. 화물차량의 조업 실태

조사대상구역에서 08:00~21:00까지 조업활동을 실시한 차량의 대수는 2007. 07. 27(금)에는 202대, 2007. 07. 28(토)에는 181대로 나타났다. 또한, 이 차량들이 주차한 장소를 주차구획선내의 합법적인 노상주차와 불법주차로 구분하였는데, 불법주차는 주차구획선 옆의 이중주차와 단순히 구획선 밖의 노상주차로 세분하였

다. 그 결과 금요일에는 노상에 불법적으로 주차하는 행위가 169대로 전체의 83.47%였으며 특히, 주차구획선 옆에 이중주차행위를 함으로써 교통흐름의 방해를 끼치는 경우가 29대로 14.36%를 차지하고 있었다. 토요일에는 오히려 불법주차의 비율이 더 높아 전체의 88.40%를 차지하고 있었으며, 이중주차행위도 18.23%로 평일보다 3.87%가 더 높은 것으로 나타났다. 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 전체 383대중 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	100.00	181	100.00	383	100.00

조사대상구역에서 조업활동을 행하는 차량중 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 조업형태에 따른 비중

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

조사대상지역에서 조사일자별 화물차량의 도착형태와 화물취급을 위한 서비스 시간형태를 분석하기 위하여 대기행렬 이론을 적용하여 도착분포와 서비스 시간분포를 확인하였다. 대기행렬 이론의 적합성을 알기 위해서 실제 관측값과 모형에 의한 값 간의  $\chi^2$  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. 조사대상지역의 조업화물차량 도착분포 및 서비스 시간 분포에 대해서는 <그림 1>과 <그림 2>에 나타내었다.

조사구역내의 화물조업차량에 대한 도착 및 서비스율과 교통강도의 값을 정리하면 <표 5>와 같다.

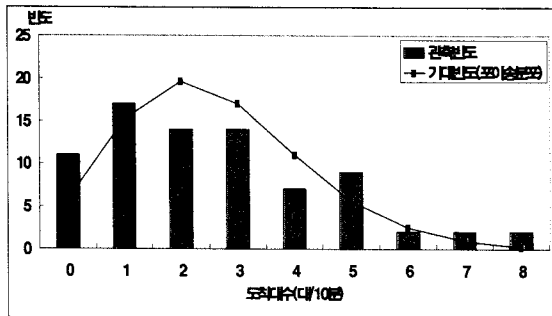
<표 5> 조사구역내 화물조업차량의 도착 및 서비스 현황

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	2차 Erlang 분포(23.27*)	2차 Erlang 분포(23.47*)

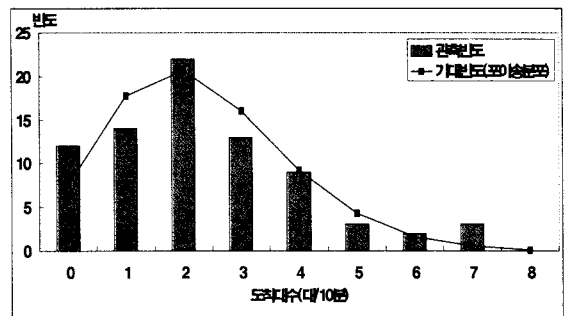
주 : ( )안은  $\chi^2$ -통계량

\*는 0.01에서 유의함을 나타냄.

화물의 배달형태에 따라 한 지점만을 이동하는 단일이동에 대한 평균 편도이동거리는 18.99m이며, 여러 지점을 동시에 이동하는 복수이동형태의 경우는 56.04m로 나타났다.

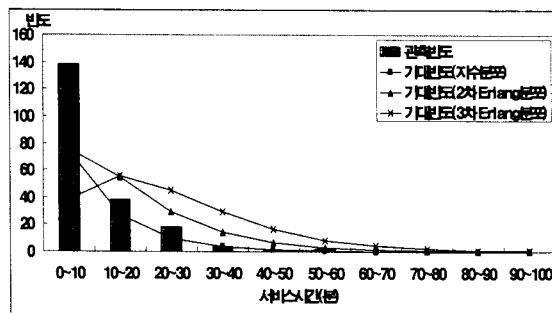


2007.07.27 도착분포

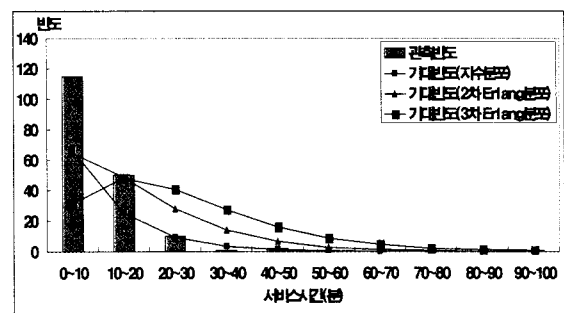


2007.07.28 도착분포

<그림 1> 조사대상지역의 조업화물차량 도착분포



2007.07.27 서비스 시간 분포



2007.07.28 서비스 시간 분포

<그림 2> 조사대상지역의 조업화물차량 서비스시간 분포

<표 6> 화물배달형태에 따른 하역이후 평균이동거리

구분		금요일	토요일	전체
단일이동	빈도(대)	132	114	246
	평균거리(m)	16.69	21.66	18.99
복수이동	빈도(대)	23	37	60
	평균거리(m)	61.32	52.76	56.04

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

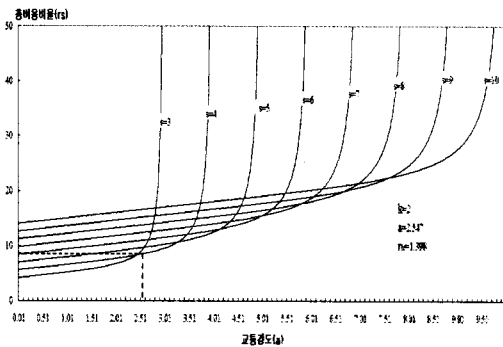
<표 7> 화물배달형태에 따른 하역이후 이동시간

구분		금요일	토요일	전체
단일이동	빈도(대)	132	114	246
	평균이동시간(분)	0.78	0.84	0.81
복수이동	빈도(대)	23	37	60
	평균이동시간(분)	1.27	1.68	1.52

#### IV. 도심상업지구에서의 노상 하역공간 배치

##### 1. 노상 하역공간의 최적 규모 결정

조사대상구역에서의 화물차량의 노상 하역공간(loading zone)의 주·정차 베이(bay) 수를 산정하기 위하여, 고려되는 화물차량 1대의 1시간 운영비용  $c_i$ 와 주·정차 베이(bay)에서 1시간 동안 소비되는 운영비용  $c_b$ 는 각각 783원/시, 1,095원/시로 나타났다.<sup>2)</sup> 따라서, 화물차량의 주·정차 베이(bay)·화물자동차 비용비율



<그림 3> 2007. 07. 27(금)의 최적 주·정차 베이(bay) 수 결정곡선

$r_{bt}$ 는 1.398으로 나타났다.

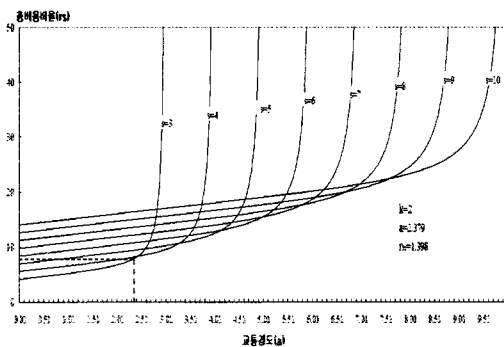
이렇게 산정된  $r_{bt}$ 와 식(2)에 의해 조사대상 지역의 최적 주·정차 베이(bay) 수를 산정하면, 2007. 07. 27(금)의 경우에는 교통강도  $a$ 가 2.379로 4개의 베이(bay)가 최적으로 산정되었으며 2007. 07. 28(토)의 경우에는  $a$ 가 2.379로 3개의 베이(bay)가 최적으로 산정되었다.

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

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.

##### 2. 노상 하역공간의 최적 위치 결정

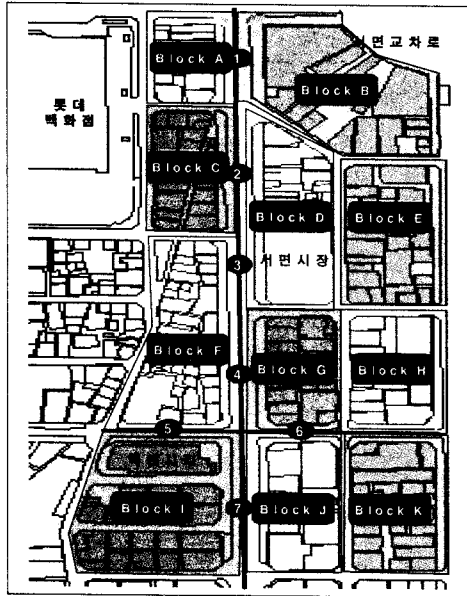
화물차량이 조업활동을 행하기 위한 주·정



<그림 4> 2007. 07. 28(토)의 최적 주·정차 베이(bay) 수 결정곡선

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 lberth 운영비용을 근거로 하여 산출하였음.

차 베이(bay)의 위치를 결정하기 위해서는 우선적으로 조사대상구역에서 설치 가능한 지점에 대한 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 5>와 같이 7개 후보지를 결정하였다.



<그림 5> 조사대상구역내 하역공간(loading zone) 주·정차 베이(bay)의 후보지

각 후보지에서 대상 건물로 화물을 배송 및 집하할 때 발생하는 도로횡단 저항함수  $c_{ij}$ 와 건물내부에서 상하이동 저항함수  $h_{ij}$ 를 산출하

기 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 이에 영향을 미치는 변수는 배달 및 집하거리, 취급화물량, 대상 건물의 층수, 주도로의 횡단횟수, 운반수단으로 구분이 가능하다. 따라서, 이것에 대한 상관분석을 실시한 결과, 이동거리와 건물의 층수만이 유의성을 가지는 것으로 나타났다.

이 같은 결과는 대상지역의 특성을 반영하는 것인데, 대상지역의 주도로가 차량의 통과 및 접근의 기능만을 하는 것이 아니라는 것을 알 수 있다. 실제로 이 지역의 주도로는 차량과 사람이 혼재된 구간으로 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 영향력이 매우 미약하기 때문인 것으로 판단되어진다.

따라서, 본 연구에서 선택한 조사대상구역에서는 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

<표 8> 저항함수에 영향을 미치는 변수들의 상관관계 분석

구분	배달·집하 시간	이동거리	화물량	주도로 횡단횟수	건물로의 배달층수	운송수단
배달·집하 시간	상관계수 (유의성) 1.00	0.23*** (0.00)	-0.01 (0.87)	0.10 (0.07)	0.44*** (0.00)	0.04 (0.43)
이동거리	상관계수 (유의성) 0.23*** (0.00)	1.00	0.00 (0.95)	0.42*** (0.00)	-0.15*** (0.01)	0.02 (0.72)
화물량	상관계수 (유의성) -0.01 (0.87)	0.00 (0.95)	1.00	-0.02 (0.77)	-0.08 (0.14)	0.11** (0.03)
주도로 횡단횟수	상관계수 (유의성) 0.10 (0.07)	0.42*** (0.00)	-0.02 (0.77)	1.00	-0.10 (0.07)	-0.09 (0.11)
건물로의 배달층수	상관계수 (유의성) 0.44*** (0.00)	-0.15*** (0.01)	-0.08 (0.14)	-0.10 (0.07)	1.00	-0.07 (0.23)
운송수단	상관계수 (유의성) 0.04 (0.43)	0.02 (0.72)	0.11* (0.03)	-0.09 (0.11)	-0.07 (0.23)	1.00

주) Pearson상관계수의 양쪽검증에 의한 분석임.

\*\*\*는 0.01의 수준에서 유의함을 의미함.

\*\*는 0.05의 수준에서 유의함을 의미함.

최소가 되도록 하는 주·정차 베이(bay)의 위치를 결정하는 것으로 한다.

따라서, 건물내부에서 상하이동에 대한 저항함수  $h_{ij}$ 는 식(7)과 같이 이동거리와 대상건물의 이동층수에 대한 함수로 나타낼 수 있다.

$$h_{ij} = \frac{\alpha + \beta \cdot d_{ij} + \gamma \cdot f_{ij}}{\alpha + \beta \cdot d_{ij}} \quad (7)$$

단,  $d_{ij}$  : 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지 배달 및 집하기 위해 이동한 평면거리

$f_{ij}$  : 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지 배달 및 집하기 위해 이동한 건물의 층수

$\alpha, \beta, \gamma$  : 파라메타

상하이동에 따른 저항값을 이용하기 위하여  $\alpha, \beta, \gamma$  에 대한 파라메타값을 중회귀분석에 의해 산출하였다. 그 결과 회귀결정계수는 0.286으로 크게 높지는 않았지만 사회적 현상을 일반적으로 반영하는 수준이라고 판단되어지고, 각각의 변수의 추정계수에 대해서 살펴보면 그 부호는 예상과 동일하게 양의 부호로 나타났으며 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 더빈 왓슨(Durbin-Watson)값이 2에 가까워 오차항간의 자기상관을 가지고 있지 않음을 알 수 있었다. <표 9>에 중회귀분석의 결과를 나타내었다.

화물의 배달 및 집하 거리에 대한 값과 식(6)과 <표 9>를 통하여 산출된 건물내부에서 상하이동에 대한 저항함수  $h_{ij}$ , 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 으로의 화물이동량, 이 세 가지를 통하여 화물 운반 부하량( $L$ )을 산출하기 위해서는 화물

의 배달 및 집하의 거리에 대한 가중치를 산정하여야 한다. 즉, 수요지점인 각각의 상점에 대한 화물이동 의사와 관련된 매력정도에 대한 값으로 이는 현재의 화물이동패턴에 따른 이용비율로 산출할 수 있다. 따라서, 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지의 평면이동거리  $d_{ij}$ 는 식(8)과 같이 화물의 이동의사를 반영한 이동거리  $R_{ij}$ 로 나타낼 수 있으며, 이 값들을 식(4)에 대입함으로써 노상 하역공간의 최적 주·정차 베이(bay)의 위치를 결정할 수 있다.

$$R_{ij} = b_j \cdot u_j \cdot d_{ij} \quad (8)$$

단,  $R_{ij}$  : 지점  $i$ 에서 지점  $j$ 까지의 화물이동의사를 반영한 이동거리

$b_j$  : 지점  $j$ 가 속한 블록의 용도 비율

$u_j$  : 지점  $j$ 에 대한 화물차량의 용도별 이용 비율

이상의 과정들을 통하여 각각의 경우별로 화물을 운반하는데 소요되는 부하량( $L$ )이 최소가 되도록 하는 주·정차 베이(bay)의 위치를 산정한 결과는 후보지 2, 3, 6, 7에 배치하는 경우가 가장 최선의 결과인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 각각의 블록에 대한 용도별 조업활동이 D, J, I, G블록의 순으로 활발히 일어난 결과와 비교해 볼 때 적절한 위치로 결정되었음을 알 수 있다.

## V. 결론

본 연구에서는 도시물류의 효율화를 꾀할 수 있는 한 방법인 말단물류시설에서의 노상 하역공간의 정비방안을 살펴보았다. 노상 하역공간의 정비는 규모 즉 조업을 행할 수 있는 주·정차 베이(bay)의 개수 추계와 함께 이들의 적절한 배치장소를 모색하는 것인데, 이를 행함에 있어, 규모적 측면에서는 조업차량의 도착을

<표 9> 건물 상하이동에 따른 소요시간함수 결정 회귀모형

변수	비표준화 계수		표준화 계수 (베타)	t-value	유의 확률	VIF	Durbin-Watson
	B	표준오차					
상수	0.360	0.054		6.682	.000		
평면거리( $d$ )	0.012	0.002	0.305	6.576	.000	1.023	1.683
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							



및 서비스율을 통한 대기행렬의 적용을 통하여 산출 할 수 있었으며, 배치장소를 결정함에 있어서는 운반하는 사람의 저항함수를 정식화함으로써 최소 저항이 되는 위치를 산정할 수 있었다.

그러나, 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 사항이다. 즉, 화물차량의 노상 하역공간에서 조업활동을 행하는 사람들이 다른 여타의 공간에서는 불법 주·정차에 의한 조업활동을 행할 수 없도록 파킹메타의 설치와 함께 단속이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

향후의 연구에서는 본 연구에서 제시한 말단 물류시설인 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. 김현정, 금기정(1998), “물류비용 최소화를 위한 배송선타수 결정 및 규제에 따른 비용변화 실험 모형 개발”, 대한교통학회지, 제16권 제1호, pp.7-24.
2. 정현영, 신진권(1998), “도심상업지역 가로에 있어서 하역의 실태분석과 하역주차공간 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제16권 제4호, pp.65-74.
3. 정현영, 이상용, 백은상(2004), “화물차량의 하역 특성을 고려한 복합화물터미널에 있어서 최적 berth수 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제22권 제4호, pp.19-29.
4. 정현영, 이상용(2005), “유전자 알고리즘을 적용한 화물터미널의 최적입지 선정에 관한 연구”, 대한국토·도시계획학회지, 국토계획, 제40권 제1호, pp.47-58.
5. 이상용, 정현영(2005), “최적교통강도를 이용한 컨테이너 터미널의 최적 운영체계 구축에 관한 기초적 연구”, 대한교통학회, 제23권 제3호, pp.85-94.
6. 日本交通政策研究會(1994), “貨物輸送における物流ターミナルのあり方に關する研究”.
7. 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研究”, 土木學會論文集, No.583, IV-38, pp.71-81.
8. 山田忠史, 則武通彦, 谷口榮一, 多賀慎(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, 根本敏則(2001), “シティロジスティクス-效率的で環境にやさしい都市物流計畫論”, 森北出版株式會社.
10. 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パス數決定法に關する研究”, 土木學會論文集, No.548, pp.23-33.
11. 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いの配置計畫手法に關する研究”, 日本都市計畫學會 都市計畫論文集, No. 41-3, pp.169-174.
12. 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研究”, 第35回日本都市計畫學會學術研究論文集, pp.589-594.
13. 高橋洋二, 兵藤哲朗, 松尾靖浩(1997), “都市内の荷捌き實態と路上駐停車方策に關する研究”, 第32回日本都市計畫學會學術研究論文集, pp.583-588.
14. 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.
15. Campbell, J.(1990), “Locating transportation terminals to serve an expanding demand”, Transportation Research Part B, Vol. 24 (3), pp.173-193.
16. Campbell, J.(1990), “Freight consolidation and routing with transportation economies of scale”, Transportation Research Part B, No. 5, pp.345-361.
17. 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.
18. Noritake, M. and S. Kimura(1990), "Optimum allocation and size of seaports", Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering ASCE, 116(2), 287-299.
  19. Taniguchi, E., M. Noritake., T. Yamada, T. Izumitani(1996), "A study on optimizing the number of berths in truck terminals", J. Infrastructure Planning and Management, JSCE. 548 (IV-33), 23-33.
  20. Taniguchi, E., M. Noritake, T. Yamada, and T.Izumitani(1999), "Optimal size and location planning of public logistics terminals", Transportation Research, 35E (3), 207-222.
  21. Taniguchi, E., Thompson, R.G., T. Yamada, Ron van Duin(2001), "City Logistics", 1st ed, Pregamon.
  22. Teodor Gabriel Crainic, Nicoletta Ricciardi and Giovanni Storchi(2004), "Advanced freight transportation systems for congested urban areas", Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Vol. 12, Issue 2, pp. 119-137.
  23. 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.