한국항해항만학회지 제31권 제8호, pp. 705~710, 2007 (ISSN-1598-5725)
Journal of Korean Navigation and Port Research

자동화 컨테이너 터미널에서 수입 컨테이너 장치 블록 크기 결정을 위한 모형

† 김기영*

* 동서대학교 국제관계학부 물류유통학전공

Models for Determining the Size of Import Container Block in Automated Container Terminals

† *Ki-Young Kim*

* *Department of International Logistics, Division of International Relations, Dongseo University, Pusan 617-716, Korea*

요 약 : 자동화 컨테이너 터미널의 생산성은 자동화된 트랜스퍼 크레인(Automated Transfer Crane, ATC)의 속도에 관계된 성능뿐 만 아니라 컨테이너 블록의 크기에 크게 영향을 받는다. 본 연구에서는 ATC의 컨테이너 취급시간과 장치공간을 고려하여 수입 컨테이너 장치 블록의 크기를 어떻게 결정할 것인가에 대해서 다룬다. 먼저, 전형적인 수입 컨테이너 블록에서 ATC의 컨테이너 취급시간을 평가하는 모형을 제시한다. 둘째, 수입 컨테이너 블록의 크기를 결정하는 세 가지의 수리모형을 제시한다. 컨테이너 장치 블록의 크기를 결정하기 위해 제시한 모형들에 대한 수치예제를 제시한다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 장치 공간, 취급 시간, 블록 설계, 트랜스퍼 크레인

Abstract : *The productivity of automated container terminals is significantly affected by not only the speed related performances of automated transfer cranes(ATCs) but also the sizes of container blocks. In this paper, it is discussed how to determine the size of import container blocks considering both the container handling times of an ATC and their storage space. Firstly, evaluation models are suggested for the container handling times of an ATC in a typical import container blocks. Secondly, three mathematical formulations are suggested to determine the size of import container blocks. Numerical experiments for the suggested models to determine the size of import container block are provided.*

Key words : *Container terminal, Storage space, Handling time, Block design, Transfer crane*

1. 서 론

자동화된 트랜스퍼 크레인(automated transfer crane, ATC)을 사용하는 컨테이너 블록에서 ATC의 생산성은 ATC의 자체의 성능 뿐만 아니라 ATC가 담당하는 블록의 크기(bay수, row수, tier수)에 크게 영향을 받는다.

본 논문에서는 자동화 컨테이너 터미널에서 안벽에 대해서 수직인 형태를 취하는 수입 컨테이너 블록을 대상으로 하여 ATC가 담당하게 되는 블록의 크기를 결정하는 문제를 다룬다.

본 연구의 주제의 내용과 관련이 있는 연구는 다음과 같다. Van Hee and Wijbrands(1988) 컨테이너 터미널의 전형적인 요소들의 성능을 묘사하기 위한 모형들을 제시하고 컨테이너 터미널의 능력계획을 위한 의사결정지원시스템의 구조를 제시하였다. Taleb-Ibrahimi et al.(1993)은 컨테이너터미널에서 컨테이너 취급과 장치 전략을 기술하고 장치 공간과 취급회수에 따른 성능을 계량화하였다. Kim and Kim (2002)은 수입컨테이너 장치장에서 저장 공간의 크기와 야드 크래인의 수를 결정하는 방법을 제시하였다. Vis(2006)은 시뮬레이션 연구를 통하여 스트래들 케리어(straddle carrier)와 자동화된 스택킹 크레인(automated atacking cranc)의 성능을 비교 분석하였다. 김(2006)은 컨테이너터미널에서 자동화된 트랜스퍼 크레인의 컨테이너 취급시간을 평가하는 모형들을 제시하였다. Chu and Huang (2005)은 취급시스템, 야드 크기, 크레인 특성과 컨테이너 터미널 야드의 TGS(total number of 20-foot container ground slot)를 구하기 위한 식을 제시하고 있다. 또한 이 논문에서는 장치장 능력을 결정하기 위한 기존 연구들을 요약하고 있다.

2절에서는 ATC의 컨테이너 취급시간을 추정하는 모형에 대한 기존연구를 정리한다. 3절에서는 ATC를 이용하는 수입 컨테이너 블록의 크기를 결정하는 세 가지의 수리모형을 제시한다. 4절에서는 세 가지 수리모형을 사용하여 수입 컨테이너

† 교신저자 : 김기영(종신회원), kiykim@gdsu.dongseo.ac.kr 051)320-1637

블록의 크기를 결정하는 예제문제를 제시한다. 마지막으로 5절에서는 결론이 제시된다.

2. ATC의 컨테이너 취급시간

컨테이너터미널의 야드에 있는 컨테이너 장치 블록은 20피트 컨테이너의 수로 환산하여 길이(bay 수), 너비(row 수), 높이(tier 수)로 표현할 수 있다. ATC는 블록의 길이 방향을 따라서 앞뒤로 움직일 수 있고, 트롤리(trolley)는 너비 방향으로 움직일 수 있고, 호이스트(hoist)는 상하로 움직일 수 있다.

일반적으로 자동화 컨테이너 터미널에서 컨테이너 블록에서 이적 지점(transfer point)의 위치형태는 두 가지로 나뉜다. 첫째는 컨테이너 블록의 길이 면에 이적 지점들이 위치한 경우이고, 둘째는 컨테이너 블록의 너비 면에 이적 지점들이 위치한 경우이다.

이적 지점의 위치 형태와 밀접하게 관련을 가지는 것으로 장치 블록의 배치 형태가 있다. 일반적으로 자동화 컨테이너 터미널에서 블록의 길이 면에 이적 지점들이 위치한 컨테이너 장치 블록은 안벽에 대해서 수평이고, 블록의 너비 면에 이적 지점들이 위치한 컨테이너 장치 블록은 안벽에 대해서 수직인 형태의 취하고 있다. 특히, 블록의 너비 면에 이적 지점들이 위치한 컨테이너 장치 블록의 경우 해측의 이적 지점에는 야드 트럭이 도착하고 육측의 이적 지점에는 외부 트럭이 도착한다.

본 논문에서는 다음의 세 가지 가정이 도입된다.

(1) 하나의 컨테이너 장치 블록에는 하나의 ATC가 할당된다.

(2) ATC, 트롤리, 호이스트의 속도는 각각 일정하고 확정적이다.

(3) 컨테이너의 이적 지점은 컨테이너 블록의 너비 면의 중심에 위치한다.

Fig. 1은 이상의 가정하에서 시간좌표 상에서 ATC의 트롤리의 이동 궤적의 예를 보여 주고 있다.

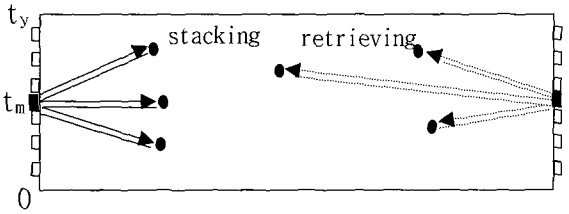

Fig. 1 An illustration of the trace of the movement of the trolley of ATC

먼저 다음과 같은 기호를 정의하자.

L = 베이의 수로 환산된 블록의 길이 (의사결정변수),

M = 열의 수로 환산된 블록의 너비의 1/2 (의사결정변수),

H = 층의 수로 환산된 블록의 높이 (의사결정변수),

v_x = 블록의 길이 방향(x축)으로의 ATC의 속도 (베이의 수/시간),

v_y = 블록의 너비의 방향(y축)으로의 ATC의 트롤리 속도 (열의 수/시간),

v_z = 블록의 높이 방향(z축)으로의 ATC의 호이스트의 속도 (층의 수/시간),

t_x = 블록의 x축 방향의 한쪽 끝에서 다른 한쪽 끝까지 ATC가 이동하는데 소요되는 시간 (t_x=L/v_x),

t_y = 블록의 y축 방향의 한쪽 끝에서 다른 한쪽 끝까지 ATC의 트롤리가 이동하는데 소요되는 시간 (t_y=2M/v_y),

t_m = 블록의 y축 방향의 어느 한쪽 끝에서 너비의 중심까지 ATC의 트롤리가 이동하는데 소요되는 시간 (t_m=M/v_y),

t_z = 블록의 가장 높은 곳에서 바닥까지 ATC의 호이스트가 이동하는데 소요되는 시간 (t_z=H/v_z),

t_{yt} = 야드 트랙터에 ATC의 호이스트를 맞추는데 소요되는 시간

t_{ot} = 외부 트럭에 ATC의 호이스트를 맞추는데 소요되는 시간

t_s = 컨테이너 블록에 있는 스택에 ATC의 호이스트를 맞추는데 소요되는 시간

t_r = 하나의 컨테이너를 재취급할 때 스택들에 ATC의 호이스트를 맞추는데 소요되는 시간

ET_S= ATC의 컨테이너 장치 작업의 기대 사이클 타임

ET_R= ATC의 컨테이너 반출 작업의 기대 사이클 타임

김(2006)은 컨테이너의 장치 또는 반출하는데 소요되는 사이클 타임을 제시하였다. 그의 연구내용을 본 논문의 3절에 제시된 모형들을 구축하기 위해 다시 정리하면 다음과 같다.

이적 지점에서 블록의 임의의 스택 (a, b)까지의 ATC의 트롤리의 x축 방향과 y축 방향의 이동시간을 각각 X와 Y라 하자. 그러면 ATC의 트롤리의 (a, b)까지의 이동시간은 X와 Y의 최대값이 된다.

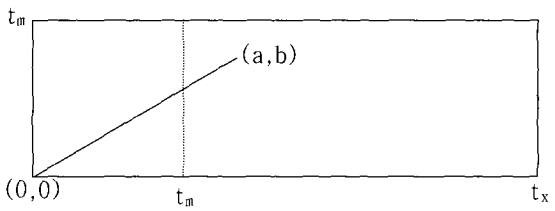

Fig. 2 An illustration of the trace of the movement of the trolley of ATC

확률변수 X와 Y가 서로 독립이고 균일분포 U(0, t_x)와 U(0, t_m)을 각각 따른다고 가정하자. 확률변수 Z는 (0, 0)에서 (a, b)까지 ATC의 트롤리가 이동하는 시간을 나타낸다고 하자. 그러면, ATC의 트롤리가 스택까지 도달하는 시간은 다음과 같다.

$$Z = \max(X, Y) \tag{1}$$

Z의 범위가 $0 \le z < t_m$ 이면, $F(z)=P(Z \le z)=P(X \le z)P(Y \le z)=(z/t_x)(z/t_m)$이고 Z의 범위가 $t_m \le z \le t_x$,이면, $F(z)=P(X \le$

z)P(Y≤z)=z/t_x·1이 된다. 따라서 확률누적함수 다음과 같이 된다.

$$F(z)=\begin{cases} z^2/(t_x t_m) & 0 \le z < t_m \\ z/t_x & t_m \le z \le t_x \end{cases} \quad (2)$$

따라서 ATC의 트롤리가 이적 지점과 어떤 스택(a, b) 사이에 기대 왕복이동시간은 다음과 같다.

$$2E(Z)=t_x+\frac{t_m^2}{3t_x}=\frac{L}{v_x}+\frac{1}{3}\frac{v_x}{L}\frac{M^2}{v_y^2} \quad (3)$$

Fig. 4는 블록의 베이 내에서 호이스트의 이동의 예를 보여주고 있다. 이적 지점에서의 이동시간, 스택에서의 이동시간, 재취급할 때의 기대 이동시간은 각각 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$t_{tp}=\frac{2H}{v_z} \quad (4)$$

$$t_{ms}=\frac{H}{v_z} \quad (5)$$

$$t_r=\frac{2H}{v_z}+\frac{2M}{3v_y} \quad (6)$$

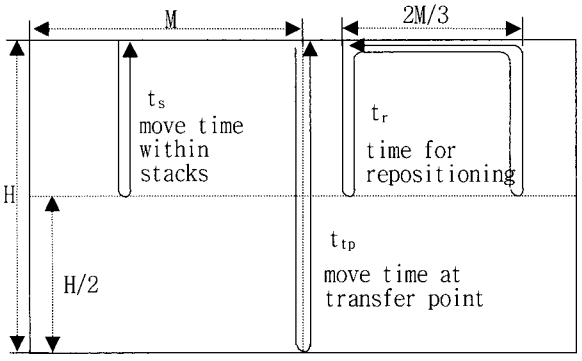

Fig. 3 An illustration of container handlings in a bay

컨테이너가 반출될 때에는 재취급이 발생할 수 있다. 김(2006)은 또한 어떤 한 컨테이너가 반출될 때 재취급이 발생할 기대 횟수를 평가하는 식을 제시하였는데 다음과 같다.

어느 한 베이에 있는 컨테이너의 수가 HW이면, 그 베이의 어느 한 컨테이너를 반출할 때 발생할 수 있는 재취급의 기대 횟수는 W{0+1+2+...+(H-2) +(H-1)}/(HW)=(H-1)/2가 된다. 따라서 재취급되는 컨테이너의 기대횟수(ENOR)는 블록의 기대 높이가 H/2이므로 다음과 같이 평가될 수 있다.

$$ENOR=\frac{H}{4}-\frac{1}{2} \qquad \text{where H}\ge 2 \quad (7)$$

컨테이너 하역시간동안 ATC가 수입컨테이너를 저장하는데 소요되는 사이클 타임은 식(3), (4) 그리고 (5)을 고려하면 다음과 같이 된다.

$$ET_S=t_{yt}+t_s+\frac{3H}{v_z}+\frac{L}{v_x}+\frac{1}{3}\frac{v_x}{L}\frac{M^2}{v_y^2} \quad (8)$$

컨테이너를 반출하는데 소요되는 사이클 타임은 식 (3), (5), (6)을 고려하면 다음과 같이 된다.

$$ET_R=t_{ot}+t_s+\frac{3H}{v_z}+\frac{L}{v_x}+\frac{1}{3}\frac{v_x}{L}\frac{M^2}{v_y^2}+\left(p_r+\frac{2H}{v_z}+\frac{2M}{3v_y}\right)\left(\frac{H}{4}-\frac{1}{2}\right) \quad (9)$$

3. 컨테이너 장치 블록 크기 결정을 위한 모형

컨테이너 장치 블록의 크기는 길이, 너비, 높이에 의해서 결정된다. 본 절에서는 수입 컨테이너 장치 블록의 크기를 어떻게 결정할 것인가에 대해서 다룬다.

3.1 장치 공간 최대화를 위한 모형

수입 컨테이너 장치 블록의 크기를 결정할 때 ATC의 컨테이너 취급 시간을 일정 수준 이하로 유지하면서 블록의 장치 능력을 최대화하고 싶은 경우가 있을 것이다. 아래의 모형은 이러한 경우를 위한 모형이다.

$$\text{M1} \quad Max \; L\times 2M\times H \quad (10)$$

subject to

$$t_{yt}+t_s+\frac{3H}{v_z}+\frac{L}{v_x}+\frac{1}{3}\frac{v_x}{L}\frac{M^2}{v_y^2}\le s_1 \quad (11)$$

$$t_{ot}+t_s+\frac{3H}{v_z}+\frac{L}{v_x}+\frac{1}{3}\frac{v_x}{L}\frac{M^2}{v_y^2}+\left(t_r+\frac{2H}{v_z}+\frac{2M}{3v_y}\right)\left(\frac{H}{4}-\frac{1}{2}\right)\le s_2 \quad (12)$$

$$L_{\min}\le L\le L_{\max} \quad (13)$$

$$M_{\min}\le M\le M_{\max} \quad (14)$$

$$H_{\min}\le H\le H_{\max} \quad (15)$$

L, M 그리고 H는 양의정수 (16)

모형 M1에서 목적함수 (10)은 ATC가 담담하게 되는 컨테이너 장치 블록 공간을 최대화하는 것이다. 제약식 (11)은 수

입 컨테이너를 장치할 때의 ATC의 장치 작업의 기대 사이클 타임이 그것의 한계값 s_1보다는 작아야 한다는 것을 의미한다. 제약식 (12)은 수입 컨테이너를 반출할 때의 ATC의 컨테이너 반출 작업의 기대 사이클 타임은 그것의 한계값 s_2보다는 작아야 한다는 것을 의미한다. 제약식 (13) 블록의 길이는 그것의 최소값과 최대값 사이에 속해야 한다는 것이다. 특히, 블록의 시간-길이(time-length) t_x (L/v_x)는 시간-길이 t_y (M/v_y)보다 커야 한다. 따라서 L_{min}의 값은 Mv_x/v_y. 보다 큰 어떤 값이 되어야 한다. 컨테이너터미널에서는 t_x가 t_y 보다 큰 것이 일반적이므로 이 제약은 현실을 잘 반영하고 있다. 제약식 (14)는 블록의 폭 최대값은 ATC의 물리적인 크기 보다는 적어야 한다. 블록의 폭의 최소값은 장치공간이 정의될 수 있도록 적당한 양의 값을 가져야 한다. 제약식 (15)은 블록의 높이의 최대값은 ATC의 물리적인 크기 보다는 적어야 한다. 블록의 최소값은 장치공간이 정의될 수 있도록 적당한 양의 값을 가져야 한다. 마지막의 제약식 (16)은 L, M, H의 값은 정수의 값을 가진다는 보여 주고 있다.

3.2 컨테이너 취급 시간 최소화를 위한 모형

수입 컨테이너 장치 블록의 크기를 결정할 때 장치 공간을 일정 수준 이상으로 유지하면서 ATC의 컨테이너 취급 시간을 최소화하고 싶은 경우가 있을 것이다. 아래의 모형은 이러한 경우를 위한 모형이다.

$$\text{M2} \quad Min\ \alpha ET_S + (1-\alpha)ET_R \tag{17}$$

subject to

$$L \times 2M \times H \geq k \tag{18}$$

constraints (13)-(16) (19)

모형 M2에서 목적함수 (17)은 ETs와 ET_R의 가중치의 합을 최소로 하는 것이다. 제약식 (18)는 컨테이너 장치공간은 그 한계값 k 보다는 커야 한다는 조건이다.

여기서 α의 값은 반출작업에 대한 장치작업에 대한 가중치를 나타낸다. α의 값이 커지면 재취급에 대한 가중치가 낮아지므로 컨테이너 블록의 크기가 결정될 때 블록의 높이가 높아질 가능성이 증가하게 된다.

3.3 장치 공간과 취급 시간을 동시에 고려한 모형

수입 컨테이너 장치 블록의 크기를 결정할 때 장치 공간을 일정 수준 이상으로 유지하고 또한 컨테이너 취급시간도 일정 수준 이하로 유지하면서 블록의 장치능력을 최대화하고 동시에 ATC의 컨테이너 취급 시간도 최소화하고 싶은 경우가 있을 것이다. 아래의 모형은 장치 공간과 컨테이너 취급 시간의 제약하에서 장치 공간 최대화와 동시에 컨테이너 취급 시간의 최소화를 위한 타협 모형으로 개념적 모형이다.

$$\text{M3} \quad I_j(S(C), T(C)) \tag{20}$$

단, C는 아래의 식 (21)-(24)를 만족하는 (L, M, H)의 가능해 집합(feasible solution set)을 나타낸다.

$$L \times 2M \times H \geq k \tag{21}$$

$$ET_S \leq s_1 \tag{22}$$

$$ET_R \leq s_2 \tag{23}$$

constraints (13)-(16) (24)

그리고 S(C)는 집합 C에서 2LMH의 값이 큰 순으로 나열된 가능해 순서열을 나타낸다. T(C)는 집합 C에서 $\alpha ET_S+(1-\alpha)ET_R$의 값이 작은 순으로 나열된 가능해 순서열을 나타낸다. $I_j(S(C),T(C))$는 순서열 S(C)와 순서열 T(C)에서 각각 순위를 하나씩 증가시킬 때 순위가 교차되는 처음 j개의 지점에 해당하는 가능해의 집합을 지정하는 함수를 나타낸다.

4. 수치예제

모형 M1, M2 그리고 M3를 풀기 위해서 C언어를 이용하여 컴퓨터 프로그램을 작성하여 제약식을 만족하는 모든 가능해를 생성하였다. 그리고 생성된 가능해에서 목적하는 해들을 찾아내는 방식을 사용하였다.

수치예제에서 M1, M2 그리고 M3에 공통적으로 사용된 데이터 입력 요소는 Table 1과 같다고 가정하였다.

Table 1 The data for the numerical example

요소 항목	값
v_x	0.61TEU/sec(4m/sec)
v_y	0.33TEU/sec(1m/sec)
v_z	0.40TEU/sec(1m/sec)
t_{yt}	10 sec
t_{ot}	30sec
t_s	6sec
t_r	10sec

모형 M1을 위한 예제 문제와 분석을 위해서 s1를 70, 80, 90(초)로 s2를 100, 120, 140, 160(초)로 가정하였다. 그리고 16≤L≤50, 3≤M≤6, 2≤H≤8로 가정하였다. M1에 대한 예제 문제에 대한 최적해들은 Table 2에 제시되어 있다. s_1과 s_2의 값이 각각 90과 160일 때의 최적해는 (M, L, H)=(20,6,5)와 (25,6,4)로 복수로 존재하고 그때의 목적함수의 값은 1200(TEU)가 되었다.

모형 M2을 위한 예제 문제와 분석을 위해서 α의 값을 0.5,

0.7, 0.9로 k의 값을 600, 6800, 1000(TEU)로 가정하였다. 그리고 M1과 동일하게 16≤L≤50, 3≤M≤6, 2≤H≤8로 가정하였다. α의 값이 0.7이고 k의 값이 1000인 경우의 M2의 예제 문제에 대한 최적해는 (L, M, H)=(28,6,3)이었고 이때의 목적함수의 값은 95.58(초)이었고 장치공간은 1008(TEU)이 되었다.

모형 M3을 위한 예제 문제에서는 s1=90(초), s2=160(초) 그리고 k=1000(TEU)로 가정하였다. 그리고 M1, M2와 동일하게 16≤L≤50, 3≤M≤6, 2≤H≤8로 가정하였다. α와 j의 값은 각각 0.7, 3으로 가정하였다. 예제 문제에서 가능해 순서열 S(C)와 T(C)는 Table 4에 제시되어 있다. I_3(S(C), TC))의 해는 Table 4에서 볼 수 있듯이 순서열 S(C)와 순서열 T(C)의 순위를 각각 하나씩 증가시킬 때 순위가 교차하는 처음 3개의 지점에 해당하는 가능해의 집합인 {(6, 17, 5), (6, 18, 5), (6, 23, 4), (6, 24, 4), (6, 25, 4), (6, 30, 3)}으로 구성된 6개의 가능해가 해로 선정되었다.

Table 2 The solutions of numerical examples for M1

s_1	s_2	L	M	H	2LMH	ET_S	ET_R
70	100	16	6	3	576	68.93	98.21
	120	16	6	3	576	68.93	98.21
	140	16	6	3	576	68.93	98.21
	160	16	6	3	576	68.93	98.21
80	100	17	6	3	612	70.32	99.60
	120	23	6	3	828	79.13	108.41
	140	18	6	4	864	79.24	120.30
	160	18	6	4	864	79.24	120.30
90	100	17	6	3	612	70.32	99.60
	120	30	6	3	1080	89.92	119.20
	140	25	6	4	1200	89.67	130.63
	160	25	6	4	1200	89.67	130.63
		20	6	5	1200	89.65	144.99

Table 3 The solutions of numerical examples for M2

α	k	L	M	H	2LMH	ET_S	ET_R	$\alpha ET_S + \beta ET_R$
0.1	600	17	6	3	612	70.32	99.60	96.67
	800	23	6	3	828	79.13	108.41	105.48
	1000	28	6	3	1008	86.80	116.08	113.15
0.3	600	17	6	3	612	70.32	99.60	90.82
	800	23	6	3	828	79.13	108.41	99.63
	1000	28	6	3	1008	86.80	116.08	107.30
0.5	600	17	6	3	612	70.32	99.60	84.96
	800	23	6	3	828	79.13	108.41	93.77
	1000	28	6	3	1008	86.80	116.08	101.44
0.7	600	17	6	3	612	70.32	99.60	79.10
	800	23	6	3	828	79.13	108.41	87.91
	1000	28	6	3	1008	86.80	116.08	95.58
0.9	600	17	6	3	612	70.32	99.60	73.25
	800	17	6	4	816	77.82	118.88	81.93
	1000	21	6	4	1008	83.63	124.69	87.74

Table 4 The solution of the numerical example for M3

M	L	H	2MLH	ET_S	ET_R	$0.7ET_S + 0.3ET_R$	S(C)	T(C)
6	20	5	1200	89.65	144.99	106.25	1	14
6	25	4	1200	89.67	130.73	101.99	2	10
6	24	4	1152	88.14	129.21	100.46	3	7
6	19	5	1140	88.19	143.53	104.79	4	13
6	23	4	1104	86.63	127.69	98.95	5	6
6	18	5	1080	86.74	142.08	103.34	6	11
6	30	3	1080	89.92	119.20	98.70	7	5
6	22	4	1056	85.12	126.18	97.44	8	4
6	29	3	1044	88.36	117.64	97.14	9	3
6	17	5	1020	85.32	140.66	101.92	10	9
6	21	4	1008	83.63	124.69	95.95	11	2
6	28	3	1008	86.80	116.08	95.58	12	1
5	20	5	1000	88.62	142.45	104.77	13	12
5	25	4	1000	88.85	128.90	100.87	14	8

S(C)의 순으로 정렬됨.

5. 결 론

본 논문에서는 자동화 컨테이너 터미널에서 안벽에 대해서 수직인 형태를 취하는 수입 컨테이너 블록을 대상으로 하여 해당 블록의 크기를 결정할 수 있는 세 가지 수리모형을 제시하였다. 세 가지 수리모형의 형태는 첫째, 컨테이너 취급 시간의 제약하에서 장치 공간의 최대화 모형 둘째, 장치 공간 제약하에서 컨테이너 취급시간의 최소화 모형 셋째, 장치 공간과 컨테이너 취급 시간의 제약하에서 장치 공간 최대화와 컨테이너 취급 시간의 최소화를 위한 타협 모형이다.

본 논문에서는 컨테이너 장치 블록의 크기를 결정할 때 장치 공간과 취급 시간 사이에 존재하는 근본적인 성질을 파악할 수 있도록 비용요소 항목과 기타 항목들을 의도적으로 도입하지 않았다. 따라서 향후 컨테이너 터미널의 장치 블록의 설계와 운영에 관계된 비용요소 및 기타 요소들을 포함한 다양한 수리모형을 개발하는데 본 연구가 좋은 출발점이 될 것이라 판단된다.

그리고 본 논문에서 다루는 내용은 아니지만 컨테이너 터미널의 장치능력을 결정하는 문제는 본 논문의 내용을 확장하여 응용할 수 있으리라 판단된다. 장치능력을 결정할 때 일반적으로 TGS를 기반하여 결정하는 것은 운영상에서 날마다 변동하는 적재 높이를 고려하여 장치능력을 결정하는 것보다 받아들이기 쉽기 때문이다. 하지만 만약 합리적인 적재 높이를 구할 수 있다면 그 적재 높이를 이용하여 장치능력을 구하는 편이 더 나을 것이다.

참 고 문 헌

[1] 김기영 (2006), "Evaluation Models for the Container

Handling Times of the Automated Transfer Crane in Container Terminals", IE Interfaces, 19(3), 214-224.

[2] Chu, C. Y. and Huang, W. C. (2005), "Determining Container Terminal Capacity on the Basis of an Adopted Yard Handling System", Transport Review, 25(2), 181-199.

[3] Kim, K. H. and Kim, H. B. (2002), "The Optimal Sizing of the Storage Space and Handling Facilities for Import Containers", Transportation Research B, 36, 821-835.

[4] Saanen, Y. A. and Valkengoed, M. V. (2005), "Comparison of Three Automated Stacking Alternatives by Means of Simulation", Proceedings of the 2005 Winter Simultaneous Conference, M. E. Kuhl, N.M. Steiger, F.B. Armstrong, and J. A. Joines, eds.

[5] Taleb-Ibrahimi, M., Castilho, B. D., and Daganzo, C. F. (1993), "Storage Space vs Handling Work in Container Terminals", Transportation Research B, 27B(1), 13-32.

[6] Van Hee, K. M. and Wijbrands, R. J. (1988), "Decision Support System for Container Terminal Planning", European Journal of Operational Research, 34, 262-272.

[7] Vis, I. F. A. (2006), "A Comparative Analysis of Storage and Retrieval Equipment at a Container Terminal", International Journal of Production Economics, 103, 680-693.

원고접수일 : 2007년 4월 6일
원고채택일 : 2007년 10월 18일