

수직 배치형 블록 내에서 재배치 작업계획을 위한 혼합정수계획모형

† 박영만 · 배종욱*

† 해군사관학교 국방경영학과, *전남대학교 물류교통학전공

요 약 : 컨테이너 터미널에서 이적작업은 적하작업과 반출작업을 신속하게 처리하기 위해 장치장에 흩어져 있는 컨테이너들을 재배치하는 것이다. 본 연구는 수직 배치형 장치장 블록 내에서 컨테이너 재배치 작업계획 문제를 다룬다. 재배치 작업계획은 대상 컨테이너, 옮겨질 위치 그리고 재배치 작업 순서를 정하는 것이다. 본 연구는 재배치 작업시간, 반출작업, 적하작업의 가중시간 비용을 최소화하면서 재배치 작업동안 공간 가용성이 만족되도록 장치위치와 작업순서를 함께 결정하는 혼합정수계획모형을 개발하였다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 이적작업, 혼합정수계획법, 적하작업, 반출작업

1. 서 론

적하작업시간과 반출작업시간은 컨테이너 터미널의 생산성을 판단하는 중요한 척도이다. 그러나 장치장 계획과 같은 사전 준비만으로 적하작업과 반출작업의 효율성을 높이기에는 한계가 있다. 따라서 반입과 양하작업이 완료된 후 적하작업과 반출작업의 생산성을 높이기 위해 터미널 운영자가 활용할 수 있는 전략이 이적작업이다.

이적작업은 장치장의 여기저기에 흩어져 있는 컨테이너들을 작업수행 전에 반출과 적하작업에 유리하도록 장치위치를 옮기는 재배치 작업이다. 그러나 지금까지 컨테이너 터미널에서 이적작업 계획에 대한 연구는 많지 않았다. 이는 이적작업이 추가 자원을 필요로 하고 복잡하기 때문이다.

Kim과 Bae(1998)는 수평 배치형 장치장을 대상으로 수출 컨테이너의 재배치에 관해 2단계 의사결정과정을 거치는 방법을 제시하였다. 강 외 3인(2005)은 재취급을 최소화하는 블록 내 이적작업에 대한 휴리스틱 알고리즘을 제안하였는데 공간 가용성과 이적작업 비용을 고려하지 않았다. 배 외2인(2005)는 작업동안의 공간 가용성을 고려한 작업순서를 고려하지 않고 야드 크레인의 작업별 시간가치 비용을 최소화하는 컨테이너 배치 안만을 수립하는 이적작업계획을 다루었다. 배와 박(2012)는 목표 배치안을 먼저 수립한 후 공간 가용성을 고려하여 작업순서를 결정하는 2단계 구조의 이적작업 계획 방법을 제시하였다.

이적작업 계획은 대상 컨테이너 범위, 장치장 배치 형태에 따라 문제가 달라진다. 재배치 효과를 최대화하기 위해서는 목표 배치안과 작업순서를 동시에 결정하는 것이 바람직하다. 따라서 본 연구는 수직배치형 블록 내에서 목표 배치안과 작업순서를 동시에 결정하는 혼합정수계획모형을 다루고자 한다.

2. 문제 정의

† 교신저자 : 연희원, ymanpark@pusan.ac.kr 055)549-1235

* 종신희원, jwbae@chonnam.ac.kr 061)659-7352

수직 배치형 컨테이너 터미널은 내부 이송장비와 외부 이송장비의 동선을 분리하기 위해 야드 크레인과 이송장비의 연계 지점을 장치장 블록의 양끝에 설치한다. Fig. 1에서 선박과 장치장 블록 사이는 내부 이송장비가 양적하 컨테이너를 운반한다. 각 블록의 양끝에 점선으로 표시된 영역에서 위쪽 부분이 해측 TP 그리고 아래쪽 부분이 육측 TP를 의미한다.

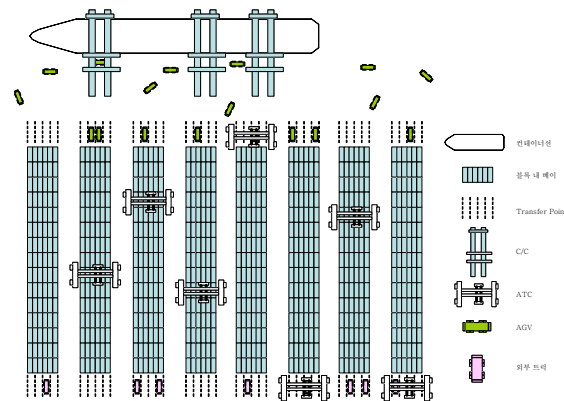


Fig. 1 A Container terminal with vertical yard blocks

적하 컨테이너들은 선박 입항 전까지 반입되어 블록에 장치되며 양하 컨테이너들은 블록에 장치되었다가 일정 기간 내에 외부로 반출된다. 이때 크레인의 운반시간이 본선 및 반출입 작업시간에 큰 영향을 미친다. 반입과정에서는 장치위치를 육측 TP 가까이 하는 것이 유리하지만 적하작업에서의 크레인 이동시간을 증가시킨다. 양하작업에서는 해측 TP 가까이에 장치하는 것이 유리하지만 반출작업을 고려할 때는 육측 TP 가까이에 장치되는 것이 바람직하다.

본선작업 또는 반출입 작업의 시간 가치는 높은 반면 유티시간을 이용하는 이적작업 시간의 가치는 낮을 것이다. 따라서 유티시간을 활용, 장치위치를 변경할 때 전체 이동시간은 같겠지만 각 작업시간별 가치에 따라 옮겨지는 장치위치는 달라진다. 재배치 작업계획은 장치되어 있는 어떤 적하 또는 반출 컨테이

너가 블록 내의 어느 위치(베이)로 옮겨야 하는지를 결정하며 동시에 크레인이 장치위치의 공간 제약을 만족시키면서 어떤 순서로 진행되어야 하는 지를 결정하는 것이다.

3. 혼합정수모형

모형은 컨테이너 크기는 동일하다고 가정한다. 재배치 과정에서 재취급 작업은 고려하지 않았고 이적작업 시간은 크레인의 운반시간과 pick up과 drop off 작업시간을 포함하며 반출 또는 적하 컨테이너만을 재배치 하는 것으로 가정한다.

재배치 계획을 수립하기 위한 혼합정수계획모형에 사용되는 주요 기호와 의사결정변수는 다음과 같이 정리된다.

- α_1 : 적하작업에 대한 야드 크레인 작업시간에 대한 가중치
- α_2 : 반출작업에 대한 야드 크레인 작업시간에 대한 가중치
- β : 이적작업에 대한 야드 크레인 작업시간에 대한 가중치
- B : 블록 내의 장치위치로 베이 집합을 의미
- REM : 재배치 작업 대상이 되는 컨테이너 집합
- L_i : 재배치 전 컨테이너 i 가 놓여있는 장치위치(베이)번호
- S_{max} : 장치위치(베이) 내의 최대 장치허용 범위(컨테이너 수)
- T_{UM}, T_{LM}, T_p, T_d : 야드 크레인의 베이당 빈이동시간, 운반시간, pickup시간, dropoff시간을 의미
- ST, LT : 해측 또는 육측 TP까지의 단위 이동시간
- x_{ij} : 컨테이너 i 가 재배치된 후 컨테이너 j 가 연속으로 재배치 되면 1 그렇지 않으면 0
- y_{ik} : 컨테이너 i 가 베이 k 에 재배치되면 1 그렇지 않으면 0
- b_{ki} : 컨테이너 i 가 재배치된 후 베이 k 에 있는 컨테이너 수
- d_i : 재배치 후 컨테이너 i 의 장치위치(베이 번호)
- c_i : 컨테이너 i 의 재배치 완료작업시간
- c_{max} : 재배치 작업의 완료시간

$$\text{Minimize } \alpha_1 \sum_{i \in OUT} ST d_i + \alpha_2 \sum_{i \in IN} LT d_i + \beta c_{max} \quad (1)$$

subject to

$$c_i - c_{max} \leq 0 \text{ for all } i \in REM \quad (2)$$

$$\sum_{j \in REM} x_{sj} = 1 \text{ for all } j \in REM \quad (3)$$

$$\sum_{j \in REM} x_{iT} = 1 \text{ for all } i \in REM \quad (4)$$

$$\sum_{j \in REM} x_{ij} - \sum_{j \in REM, i \neq j} x_{ij} = 0 \text{ for all } i, j \in REM \quad (5)$$

$$\sum_{j \in REM} x_{ij} \leq 1 \text{ for all } j \in REM \quad (6)$$

$$\sum_{k \in REM} x_{ik} \leq 1 \text{ for all } i \in REM \quad (7)$$

$$c_i + T_{UM}|d_i - L_j| + T_p + T_{UM}|L_j - d_j| + T_d - c_j \leq M(1 - x_{ij}) \text{ for all } i, j \in REM \text{ and } i \neq j \quad (8)$$

$$\sum_{j \in REM} x_{ji} - \sum_{k \in REM} y_{ik} \leq 0 \text{ for all } i \in REM \quad (9)$$

$$d_i - ky_{ik} \geq 0 \text{ for all } i \in REM \text{ and } k \in B \quad (10)$$

$$|L_i - d_i| - M \sum_{k \in B} y_{ik} \leq 0 \text{ for all } i \in REM \quad (11)$$

$$b_{L_i} - 1 - b_{L_j} \leq M(1 - x_{ij}) \text{ for all } i, j \in REM \text{ and } i \neq j \quad (12)$$

$$b_{ki} - b_{kj} \leq M(1 - x_{ij}) \text{ for all } i \in REM \text{ and } j, k \neq L_i \quad (13)$$

$$b_{ki} + 1 - b_{kj} \leq M(2 - x_{ij} - y_{jk}) \text{ for all } i \in REM \text{ and } k \in B \quad (14)$$

$$b_{ki} \leq S_{max} \text{ for all } i \in REM \text{ and } k \in B \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \text{ for all } i, j \in REM \quad (16)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \text{ for all } i \in REM \text{ and } k \in B \quad (16)$$

식(1)은 목적함수로 크레인의 총 가중작업시간을 최소화한다. 식(2)는 재배치 작업완료 시간을 정의하며 식(3)~(5)는 흐름보존의 법칙을 나타낸다. 식(6)과 (7)은 재배치 컨테이너가 1회 이동함을 표현하며 식(8)은 연속으로 처리되는 재배치 작업시간의 관계를 정의한다. 식(9)는 재배치되는 컨테이너가 다른 장치위치로 옮겨짐을 의미하며 식(10)은 옮겨진 장치위치를 정의한다. 식(11)은 재배치되지 않는 컨테이너의 장치위치를 표현하고 있다. 식(12)~(14)는 재배치 작업과정에서의 베이 내 컨테이너 수의 증감을 표현하며 식(15)는 베이 내 컨테이너 수가 최대 장치허용범위를 초과하지 못함을 의미한다.

4. 결 론

본 연구는 수직 배치형 컨테이너 터미널에서 블록 내 컨테이너 재배치 계획을 다루었다. 계획에서는 재배치 대상 컨테이너, 옮겨질 장치위치와 작업순서를 결정한다. 따라서 반출작업, 적하작업과 이송작업의 총시간가치를 최소화하는 최적해를 얻기 위한 혼합정수계획모형이 개발되었다.

제시된 최적모형은 현실 문제에 적용하기 어려우므로 효율적 해법에 관한 추후 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

- [1] 강재호, 오명섭, 류광렬, 김갑환(2005), 컨테이너 터미널 장치장에서 블록 내 이적을 위한 컨테이너 이동순서 계획, 한국항해항만학회지 29권 1호, pp. 83-90.
- [2] 배중욱, 박영만, 김갑환(2008), 시간가치를 고려한 자동화 컨테이너 터미널의 수출 컨테이너 이적계획, 한국경영과학회지 33권 2호, pp. 75-86.
- [3] 배중욱, 박영만(2012), 자동화 컨테이너 터미널에서 이적작업을 위한 장치장 크레인 작업할당, 한국항해항만학회지 36권 8호, pp. 665~671.
- [4] Kim, K.H. and Bae, J.W. (1998). "Re-marshalling export containers in port container terminals", Computer & Industrial Engineering 35, pp. 655~658.