

수직배치형 컨테이너 터미널에서 운영전략을 고려한 하역생산성 분석

† 배종욱 · 김우선*

† 전남대학교 물류교통학전공, *한국해양수산개발원 해양물류연구부,

요 약 : 컨테이너 터미널에서 하역작업 생산성은 운영전략과 밀접한 관련이 있다. 본 연구는 수직배치형 컨테이너 터미널을 대상으로 여러 운영전략에 따른 하역생산성의 변화를 살펴보았다. 자가하역이 가능한 ALV 이송시스템을 대상으로 시뮬레이션 모형을 개발하여 하역작업 생산성에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 실험에 따르면 수직배치인 경우에 본선작업 물량의 장치장 분산 할당이 중요한 것으로 나타났다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 시뮬레이션, ALV, 운영전략

1. 서 론

하역 생산성은 항만 경쟁력을 결정짓는 중요한 요인이다. Stahlbock (2008)는 선박 대형화에 따라 컨테이너 터미널의 본선작업시간을 단축시키기 위한 많은 연구들을 분석하였다. 이에 따르면 안벽과 장치장을 연결시키는 이송시스템이 본선작업에 참여하는 장비들의 대기과 밀접함을 알 수 있다. 하 등 (2007)은 컨테이너 터미널에 적용될 수 있는 여러 이송시스템의 특성과 효과를 연구하였다. Duinkerken 등(2006)과 배 등 (2008)은 ALV(Automated Lifting Vehicle)가 하역장비의 작업 가능상태에 의존하지 않으면서 자가하역을 통해 연계과정의 대기시간을 단축시켜 하역생산성을 향상시킬 것으로 제시하였다. 그러나 ALV의 특징을 반영하는 컨테이너 터미널 운영전략의 비교 연구는 미진하였다. 본 연구는 수직배치형 컨테이너 터미널의 ALV 이송 시스템을 대상으로 보다 현실적이면서도 다양한 상황을 평가할 수 있는 객체 지향형 시뮬레이터를 개발하고 이를 활용하여 하역 생산성을 분석하였다.

2. 수직배치형 컨테이너 터미널 시스템

본 연구는 장치장 하역장비인 ATC(Automated Transfer Crane)의 동선이 안벽과 직각 방향인 수직배치형 컨테이너 터미널을 다루었다. 수직배치형은 Fig. 1과 같이 하역장비와의 연계작업지점이 내외부 이송차량별로 장치장 블록에 별도 지정됨으로써 이중 차량간의 교차운행을 방지한다. C/C(Container Crane)가 양하한 수입 컨테이너는 ALV를 통해 블록의 TP (Transfer Point)로 운반되어 ATC에 의해 장치 후 외부 트럭에 의해 게이트를 통해 반출된다. 그리고 게이트를 통해 반입된 수출 컨테이너는 외부 트럭에 의해 블록의 TP로 운반되어 ATC에 의해 장치되었다가 ALV를 통해 C/C로 운반되어 적하된다. 그리고 C/C에 의해 양하된 환적 컨테이너는 ALV를 통해

블록의 TP로 운반되어 ATC에 의해 장치된 후 다시 ATC에 의해 ALV에 실려져 C/C로 보내어져 적하된다.

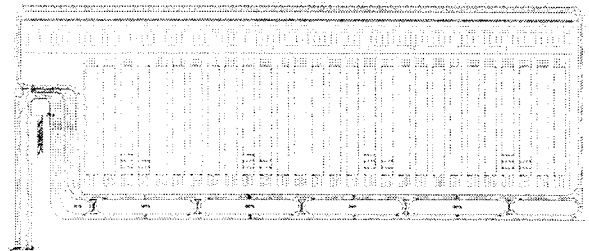


Fig. 1 Container Terminal Layout

본 연구는 ALV 주행 영역인 에이프런이 Cross lane으로 운영되는 것을 가정하였다. ALV 간의 충돌이나 주행 통제의 복잡성을 고려하여 C/C 연계작업 영역, 주차영역, TP 진입영역으로 구분하고 각 영역별로 ALV의 주행방향에 우선권을 부여하였다. 안벽과 평행한 경로에서 차선들의 주행방향은 에이프런 내 C/C와 ALV 연계작업이 수행되는 해측 영역 내는 시계방향 (Fig 2의 “A”참조), ATC와의 연계작업을 위한 TP 위의 육측 영역(Fig 2 “C” 참조)은 다시 시계방향의 주행을 우선적으로 허용한다. 유휴 ALV가 대기하게 되는 주차 영역은 양방향 (Fig 2의 “B”참조) 주행에 대해 동일 우선권을 가지게 하였다.

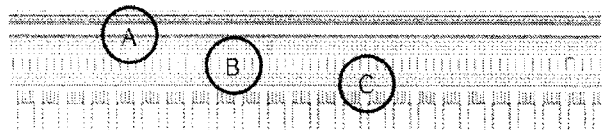


Fig. 2 ALV traveling region (Apron)

3. 시뮬레이션 모형

수평배치형 컨테이너 터미널을 다룬 배 외 3인(2008)의 연구는 작업선박과 작업내용을 지정하는 모형을 제시하였다. 그러

* 교신저자 (일반회원), jwbae@chonnam.ac.kr 061)659-3352

* 종신회원, firstkim@kmi.re.kr 02)2105-2889

나 본 연구는 운영전략의 영향을 평가하기 위해 장기적 관점의 분석이 가능토록 설계되었다. 따라서 시뮬레이션 모형의 주요 입력항목은 입항 선박의 선형별 비율, 선형별 작업물량 및 C/C 할당 대수, 연간 처리물량, 총투입 C/C 대수 등이다. 또한 장치 운영전략을 반영할 수 있도록 장치장 블록 및 연속 장치위치에 대한 비율을 각각 본선작업 선석 집중도와 본선작업 장치 집중도로서 설정토록 하였다. 본 연구는 객체지향 시뮬레이션 도구인 Anylogic을 이용하여 모형을 설계하고 시뮬레이션 수행화면은 Fig. 3과 같다.

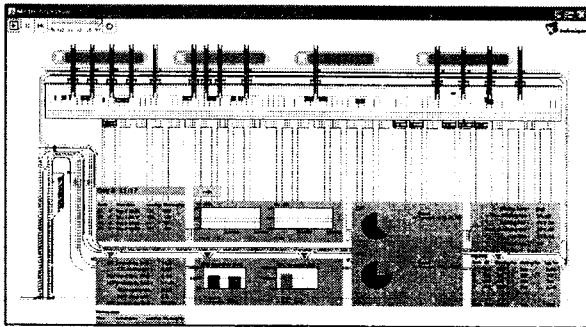


Fig. 3 Simulation Running Display

4. 실험분석

개발 모형을 이용하여 여러 시나리오별 하역생산성을 분석하였다. Table 1은 C/C당 ALV 투입대수를 비교한 실험결과이다. ALV 대수가 3대 이상이 되면서 C/C 생산성을 비롯한 여러 성과지표의 개선이 둔화되었다. 대기시간비율과 선석점유율에 있어서도 C/C당 ALV 투입대수가 2대에서 3대로 증가할 때 개선이 가장 큰 것으로 나타났다.

Table 2 Fleet size of ALVs per C/C

구 분	2	3	4	5
CC 생산성	32.2	37.2	38.0	38.3
CC 대기율	31.0%	20.1%	18.2%	17.2%
ALV 주행시간(분)	1.18	1.11	1.05	0.99
ALV 대기율	11.0%	15.3%	19.6%	21.0%
ALV 생산성	16.1	12.4	9.5	7.7
대기시간비율	8.1%	4.4%	3.7%	3.2%
선석점유율	68.3%	60.9%	59.6%	59.3%

Table 2를 보면 선석 집중도가 높을수록 ALV의 이송작업거리가 단축되면서 성과지표가 개선되지만 0.6과 0.8로 증가할 때 개선폭은 크지 않은 것으로 나타났다. 이는 집안 선박의 화물이 몇몇 블록에 집중되면 장치장 하역작업을 위한 ALV의 대기율이 증가하면서 개선 효과가 감소하는 것으로 추정된다.

Table 3에 따르면 장치 집중도가 높아지면 집안 선박의 화물이 몇몇 블록에 집중되면서 장치장 하역작업을 위한 ALV의 대기율이 증가하면서 개선 효과가 감소하는 것으로 나타났다. 수직 배치에서는 블록별 작업부하를 어느 정도 배분시키는 것이 장치장 하역에서의 대기율을 감소시키는 전략인 것으로 판단된다.

Table 3 Berth concentration scenario

구 분	0.2	0.4	0.6	0.8
CC 생산성	32.4	33.9	38.0	38.6
CC 대기율	30.6%	27.8%	19.8%	19.0%
ALV 주행시간(분)	1.21	1.12	1.02	0.93
ALV 대기율	18.6%	21.1%	22.9%	27.1%
ALV 생산성	10.8	11.3	12.7	12.9
대기시간비율	9.3%	6.5%	2.7%	2.0%
선석점유율	68.0%	65.5%	59.7%	59.2%

Table 4 Storage concentration scenario

구 분	0.2	0.4	0.6	0.8
CC 생산성	38.7	37.2	35.4	32.0
CC 대기율	17.2%	21.3%	25.5%	32.0%
ALV 주행시간(분)	1.06	1.09	1.07	1.06
ALV 대기율	18.1%	20.2%	23.3%	26.8%
ALV 생산성	12.9	12.4	11.8	10.7
대기시간비율	3.4%	4.6%	5.3%	7.8%
선석점유율	59.6%	60.6%	63.2%	68.5%

5. 결 론

ALV는 연계작업의 대기시간을 단축시켜 본선작업 생산성을 높이는 이송시스템이다. 본 연구는 수직배치형 컨테이너 터미널에 ALV가 내부 이송시스템으로 운영되는 경우의 하역생산성을 다루었다. 이송시스템의 주행 및 자가하역기능의 특성이 세부적으로 반영되는 장기계획용 시뮬레이션 모형을 개발하였다. 그리고 ALV 투입 규모 및 자가하역기능 유무, 장치장 전략 등에 대해 민감도 분석을 통해 하역생산성을 분석하였다. 실험에 따르면 수직배치형에서는 본선작업 물량의 장치장 분산 할당이 본선작업 생산성에 중요한 것으로 나타났다.

참 고 문 헌

- [1] 배종욱, 최상희, 김창현, 박순오(2008), 컨테이너 터미널의 ALV 시스템을 위한 시뮬레이션 모형, 한국시뮬레이션학회 논문지 17권 4호, pp. 29~39.
- [2] 하태영, 신재영 (2007), 컨테이너 터미널의 차세대 하역시스템 성능평가”, 한국항해항만학회지, 31권, 3호, pp. 253~261.
- [3] Duinkerken, M. B., Dekker, R., Kurstjens, S. T., Ottjes, J. A., and Dellaert, N. P. (2006), Comparing transportation systems for inter-terminal transport at the Maasvlakte container terminals, OR Spectrum, Vol. 28, pp. 469~493.
- [4] Stahlbock, R. and Voß, S. (2008), Operations research at container terminals: a literature update, OR Spectrum, Vol. 30, pp1~52.