

컨테이너 터미널의 RTGC작업 분산지표 적용연구 - H사를 중심으로 -

신창훈* · 박종원** · 권민균*** · † 신재영

*,† 한국해양대학교 물류시스템공학과 교수, **한국해양대학교 대학원, ***(주)한국히치슨터미널

Case Study of Workload Distribution Index for RTGC in Container Terminal Yard

Chang-Hoon Shin* · Jong-Won Park** · Min-Kyun Kwon*** · † Jae-Young Shin

*,† Department of Logistics Engineering, National Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

**Graduate School of Korea Maritime University, Busan 606-791, Korea

***Hutchison Korea Terminals, 314, Chungjang-daero, Dong-gu, Busan, 601-725, Korea

요 약 : 컨테이너 터미널의 장치장은 선박의 입출항과 관련된 작업과 외부트럭의 반출입과 관련된 작업이 만나는 접점으로 높은 불확실성을 가진다. 장치장의 레이아웃과 장비의 운영방식, 작업 순서에 따라 작업의 지연과 원활함이 결정되므로 높은 작업의 효율을 위해 많은 연구가 이루어져 왔다. 터미널 운영사인 H사는 높은 작업 부하가 한 곳에 집중되는 것을 방지하기 위해 작업을 여러 군데 분산시키고자 WDI라는 지표를 개발하여 활용하고 있다. WDI는 각 RTGC에 동등하게 작업을 배분하여 한 곳에 정체가 발생하지 않도록 하고자 H사에서 사용되는 지표로서 본 논문은 WDI도입의 효과를 분석하고 WDI도입 효과의 원인과 결과를 정량적 측면과 정성적 측면으로 파악한다.

핵심용어 : 컨테이너 터미널, 장치장, 장비배정, t검정, 작업시간 분산

Abstract : Container terminal yards operate under a high degree of uncertainty as the contact point between inbound and outbound operations of vessels and external trucks. The layout, equipment operations, and job orders at the yards determine the efficacy and delays of the work, so many studies have investigated improvements in efficiency. H company, a container terminal operator developed an index called WDI to distribute work among RTGCs. The WDI is an indicator to prevent congestion in one place by equally distributing the work to each RTGC. This paper analyzes the effect of the WDI introduction and discusses the causes and results of the WDI introduction effect from quantitative and qualitative perspectives.

Key words : Container Terminal, Yard, Equipment Assignment, t-Test, Workload Distribution

1. 서 론

컨테이너 터미널의 생산성을 높이기 위한 의사결정 문제는 크게 선석, 장치장, 게이트에서의 운영 문제로 나뉘어져 있다. 특히 장치장의 운영을 위한 의사결정 문제는 선박의 입출항 스케줄과 외부트럭의 반출입 스케줄이 만나는 공간에서 이루어지므로 불확실성과 복잡도가 높다고 할 수 있다. 따라서 장치장의 운영 효율성은 컨테이너터미널의 비용 절감 및 서비스 수준 향상과 직결된다고 할 수 있다. 만약 장치장의 작업이 지연되면 선박의 정박시간이 길어지거나 외부트럭의 대기시간이 길어지는 등의 비효율로 인한 비용이 발생하게 된다. 이러한 환경에서 보다 효율적인 운영시스템을 개발하기 위해 많은 컨테이너 터미널에서는 많은 시간과 인력, 자원을 투입하는

등 많은 노력을 기울이고 있다.

이와 같은 장치장과 관련된 의사결정 문제들을 해결하기 위해 많은 연구들이 이루어져 왔는데 장치장의 운영관련 문제는 크게 3가지로 화물취급장비, 레이아웃, 운영전략 문제가 있으며 운영전략 문제는 세부적으로 저장위치 할당 문제, 장비경로 문제 등이 있다.(Héctor. J. C. et al, 2014)

컨테이너 터미널의 장치장에서 운영되는 하역 장비는 RMGC(Rail Mounted Gantry Crane), RTGC(Rubber Tired Gantry Crane), 스트레들 캐리어, 그리고 기타 공 컨테이너를 다루기 위한 장비 등이 있다. 선석과 장치장을 연결하는 이송장비 YT(Yard Tractor)와 장치장과 게이트를 연결하는 외부트럭이 운송을 담당하고 RMGC, RTGC와 같은 야드 크레인 이 각종 운영방식에 따라 장치장의 블록 내에서 이적 및 적재

† Corresponding author : 종신회원, shinjy@kmou.ac.kr 051)410-4335

* 종신회원, chshin@kmou.ac.kr 051)410-4333

** 연회원, vishinu108@gmail.com 051)410-4931

*** 연회원, kwonmk@hktl.com 051)630-8325

와 하역을 담당한다.

YT는 선석과 장치장간에 수송을 담당하며 장치장과 관련된 YT의 운영 문제로는 대표적으로 작업 할당 문제가 있다. YT 편대를 GC(Gantry Crane)당 고정 할당하는 Dedicated 방식과 작업이 필요한 곳에 YT를 유연하게 할당하는 Pooling 방식(Shin and Kwon, 2009)이 대표적이다.

RTGC는 현재 작업중인 블록 뿐만 아니라 다른 블록으로 이동이 가능한 크레인으로 114개의 컨테이너 터미널에서 63.2%가 사용되는 장비이다.(Wiese et al, 2011) RTGC의 운영 문제는 크게 어떤 형태의 장치장에 어떤 방식으로 장치장에 배치를 할 것인가를 결정하는 레이아웃 문제(Wiese et al, 2011), 어떤 방식으로 크레인을 운용할 것인가를 결정하는 운영 문제(Petering et al, 2009; Lee et al, 2007)가 있다. Jeon et al.(2006)은 장치장의 RMGC 배치 대수와 수출입 컨테이너의 구분/혼용 하는 시나리오를 바탕으로 내부/외부 트럭의 집중도가 안벽크레인의 작업시간 지연에 미치는 영향을 연구하였고 블록의 야드 크레인 작업 부하를 분산시키는 것이 대체로 더 나은 결과를 보여주었다. 본 연구에서는 RTGC를 사용하는 터미널을 대상으로 하나 RTGC는 레일에 고정되어 있지 않고 블록의 수직 방향으로도 이동이 가능하므로 RMGC에 비해 기동성이 뛰어나다. 이와 같은 특징은 RTGC가 RMGC에 비해 작업 투입과 관련해 유연성을 발휘할 수 있으므로 오히려 RMGC를 사용한 결과보다 작업 분산에 대해서 더 나은 결과를 가져올 수 있다고 할 수 있다.

컨테이너 터미널 운영사인 H사에서는 기존 홍콩에서 사용 중인 운영방식을 벤치마킹하는 동시에 국내 실정을 고려하여 블록 간 장비의 작업을 균일하게 배분하는 것이 좋다고 판단, WDI(Work Distribution Index)라는 운영지표를 홍콩 터미널로부터 벤치마킹 하여 2016년부터 도입, 활용하고 있다. 본 논문은 WDI의 도입효과에 대하여 H사의 사례를 통해 효과를 살펴보고 문제점 및 시사점을 정량적, 정성적 측면에서 분석해 보도록 한다. 2장에서는 H사의 터미널 현황과 WDI의 개념을 정의하고 3장에서 H사가 WDI를 도입한 효과에 대하여 분석하고 4장에서 분석 결과와 시사점을 살펴보도록 한다.

2. H사의 현황 및 WDI의 개념

H사는 총 면적 약 624,000m²에 수심 15m의 선석 5개를 갖추고 있으며 약19,750m²의 CFS를 보유하고 있다.

H사의 장치장 현황 및 운영방식을 파악하기 위해 다음의 Table 1과 같이 장치장 운영문제를 위한 의사결정 문제 지표(Héctor. J. C. et al, 2014)를 이용하여 H사의 현황 및 운영방식에 맞게 표시하였다.

H사는 적재, 하역, 재취급 작업 등과 같은 작업이 필요한 컨테이너들을 가급적 한 블록에 집중하지 않고 여러 블록들에 분산 할당하여 운영하고 있다. 이는 YT와 같은 이송장비가 같은 블록에 몰려 정체를 유발하거나 여러 크레인이 한 블록

에 할당되어 블록이 혼잡해지는 상황을 피할 수 있다. 또한 H사는 YT를 블록에 미리 고정할당하지 않고 필요할 때 마다 작업을 할당하는 Pooling 방식(Cha and Noh, 2014)으로 운영 중이며 본선 양하 작업을 우선으로 하며 더블사이클(Chung and Shin, 2009; Goodchild and Carlos, 2006)방식으로 운영하고 있다.

Table 1 Storage yard operations classification scheme.

	Description	Present State
Lay out	Stacked Containers	29 blocks
	Empty Containers	15 blocks
	Reefer Containers	3 blocks
	Hazardous Containers	1 block
	Stack Limit	6
	Avg Storage Rate	60%
Equip ment	RTGC	31
	Reach Stackers	5
	YT	90
	Yard Chassis	337
	Front Loader	11
Chara cteris tics	Dedicated/Pooling	Dedicated
	Numbers of RTGCs	28 (24 available)
	Cranes per block is used	2, Sometimes + Reach Stacker
	Dual passing RTGCs arrangement is used	None
	Twin(non-passing) RTGCs arrangement is used	2, sometimes

이러한 운영방식을 토대로 H사는 장비의 운영 효율을 높이는 데 도움이 되도록 WDI를 2016년에 본격적으로 도입하여 RTGC에 작업을 할당하여 운영효율을 높이려는 노력을 하고 있다. WDI는 각 장비에 얼마만큼의 작업 부하가 걸리는지 확인하기 위한 지표로써 WDI값이 적으면 적을수록 작업이 고루 분산되었다고 할 수 있다.

WDI를 계산하는 방식은 아래의 식(1), 식(2)와 같다.

$$x_n = \text{Move handled by active RTGC per hour} \quad (1)$$

$$WDI = \sum_1^n \frac{|x_n - \text{average active RTGC move per hour}|}{\text{Total RTGC moves per hour}} \quad (2)$$

식 (1)은 각각의 장비가 작업한 횟수이며 식(2)는 모든 장비의 작업횟수의 평균에서 각각의 장비의 작업 횟수의 차이를 총 작업 횟수로 나눈 값이며 이를 WDI라고 하도록 한다.

가령, 5대의 RTGC가 존재하고 총 100회의 작업을 각각의 RTGC가 다음의 Table 2의 Case I과 Case II와 같이 작업하였다고 하자.

Table 2 Example of RTGC working index

Case	RTGC Index					Total
	1	2	3	4	5	
I	15	22	25	28	10	100
II	20	22	23	25	15	100

Case I과 II의 작업횟수의 차이들을 얼핏 보아도 Case II의 경우가 차이가 Case I에 비해 들쭉날쭉한 정도가 적어 어느 정도는 Case II의 작업 분산이 좀 더 잘 이루어졌음을 유추해 볼 수 있다. 식 (1)과 (2)를 토대로 WDI를 계산하면 각각 다음의 식 (3), (4)와 같다.

$$WDI_1 = \frac{|15-20| + |22-20| + |25-20| + |28-20| + |10-20|}{100} = 0.3 \quad (3)$$

$$WDI_2 = \frac{|20-20| + |22-20| + |23-20| + |25-20| + |15-20|}{100} = 0.15 \quad (4)$$

Case I에 비해 Case II의 WDI 값이 적으므로 장비가 고루 분산되었다고 할 수 있다. 이것은 WDI값이 적으면 작업이 일부 장비에 몰리지 않고 전체 장비들에 골고루 분산되었다고 할 수 있다.

3. WDI 도입효과의 정량적 분석

다음의 Table 3과 Table 4는 H사가 WDI를 도입하여 작업을 관리하기 전의 기간인 2015년 1월~12월과 WDI를 도입하여 크레인들의 작업을 분산하기 위해 작업 관리를 시도한 2016년 1월~10월 까지의 각각의 WDI를 계산한 결과이다.

Table 3 WDI in 2015 - Before

	WDI (A)	Prev. month WDI (B)	Difference		Prev. year WDI (C)	Difference	
			(A-B)	%		(a-c)	%
AVG	0.111				0.108	0	102.8
Jan	0.092	0.099	0.007	92.9	0.122	0.030	75.4
Feb	0.118	0.092	0.026	128.3	0.106	0.012	111.3
Mar	0.102	0.118	0.016	86.4	0.129	0.027	79.1
Apr	0.126	0.102	0.024	123.5	0.105	0.021	120.0
May	0.136	0.126	0.009	107.1	0.106	0.029	127.4
Jun	0.121	0.136	0.014	89.6	0.125	0.004	96.8
Jul	0.144	0.135	0.023	119.0	0.112	0.032	128.6
Aug	0.11	0.121	0.034	76.4	0.126	0.016	87.3
Sep	0.112	0.11	0.002	101.8	0.108	0.004	103.7
Oct	0.087	0.112	0.025	77.7	0.137	0.050	63.5
Nov	0.112	0.087	0.025	128.7	0.092	0.020	121.7
Dec	0.112	0.112	-	100	0.099	0.013	113.1

Table 4 WDI in 2016 - After

	WDI (A)	Prev. month WDI (B)	Difference		Prev. year WDI (C)	Difference	
			(A-B)	%		(a-c)	%
AVG	0.095				0.111	0	85.6
Jan	0.094	0.112	0.018	83.9	0.092	0.002	102.2
Feb	0.092	0.094	0.002	97.9	0.118	0.026	78.0
Mar	0.117	0.092	0.025	127.2	0.102	0.015	114.7
Apr	0.1	0.117	0.017	85.5	0.126	0.026	79.4
May	0.083	0.1	0.017	83.0	0.135	0.052	61.5
Jun	0.089	0.083	0.006	107.2	0.121	0.032	73.6
Jul	0.089	0.089	-	100.0	0.144	0.055	61.8
Aug	0.104	0.089	0.015	116.9	0.11	0.006	94.5
Sep	0.117	0.104	0.013	112.5	0.112	0.005	104.5
Oct	0.143	0.117	0.026	122.2	0.087	0.056	164.4
Nov				0.0			0.0
Dec				0.0			0.0

Table 3과 Table 4의 WDI(A)는 해당년도의 해당월별 WDI를 계산한 값이고 전월WDI(B)는 해당년도의 이전 달의 WDI를 계산한 값이다. 그리고 전년WDI(C)는 이전 년도의 해당 월별WDI를 계산한 값이다.

동일 집단 내에서 기간의 차이인 WDI의 도입 전과 후를 비교하므로 쌍체비교(대응표본) 가설검정을 실시하도록 한다. 표본의 수가 많지 않으므로 t검정을 실시하였으며 2015년은 12개월의 자료가 있으나 2016년은 10개월 분량의 자료만 존재하는 관계로 각각 1월에서 10월까지의 자료를 비교하도록 한다.

Table 5 Storage of days and amounts in the Yard

AVG Days			AVG Amounts		
Period	2015	2016	Period	2015	2016
Jan	5.3	5.7	Jan	51.4	54.7
Feb	5.6	5.7	Feb	55.4	58.3
Mar	5.3	5.1	Mar	49	53.6
Apr	5.1	4.9	Apr	54.9	56.4
May	5.5	5.6	May	56.4	55.1
Jun	5.6	5.3	Jun	56.6	56.3
Jul	5.5	5.1	Jul	56.6	55.5
Aug	5.8	5.3	Aug	57.5	56.5
Sep	5.3	5.3	Sep	52.2	61.6
Oct	5.4	5.6	Oct	58.9	63.3
Nov	5.6		Nov	60.6	
Dec	5.8		Dec	56.8	

Table 5에서 2016년 9월 이후로 터미널의 물량이 기존에 비해 눈에 띄게 증가하는데 이것은 2016년 8월 30일 한진해운이 법정관리를 신청, '한진해운 사태'로 인한 물류 대란 때문인 것으로 보인다. 따라서 명확한 비교를 위해서는 한진해운 사태와 같은 거대한 외부적인 요인을 배제하기 위해 2016년 9월 전과 후로 자료를 각각 Table 6과 Table 7과 같이 구분하여 비교하고 Table 8에서 쌍체비교의 결과값을 나타내었다.

Table 6 t-Test for 2015 and 2016(Jan~Oct)

	Variable 1	Variable 2
Average	0.1147	0.1028
Distribution	0.000324678	0.000332844
No. of observations	10	10
Pearson correlation coefficient	-0.709316758	
Hypothesis Mean Difference	0	
Degree of freedom	9	
t-statistic	1.122502765	
P(T<=t) one-tailed test	0.145350357	
t Rejected one-tailed test	1.833112933	
P(T<=t) two-tailed test	0.290700714	
t Rejected two-tailed test	2.262157163	

Table 7 t-Test for 2015 and 2016(Jan~Aug)

	Variable 1	Variable 2
Average	0.1185	0.096
Distribution	0.000290286	0.000115429
No. of observations	8	8
Pearson correlation coefficient	-0.577516222	
Hypothesis Mean Difference	0	
Degree of freedom	7	
t-statistic	2.561737691	
P(T<=t) one-tailed test	0.018728268	
t Rejected one-tailed test	1.894578605	
P(T<=t) two-tailed test	0.037456535	
t Rejected two-tailed test	2.364624252	

Table 8 Pair Comparison

	Jan-Aug Pair Comparison in 2015 to 2016	Jan-Oct Pair Comparison in 2015 to 2016
WDI	Mean difference=-0.0225 T value=2.562 P value=.037 **	Mean difference=-0.0119 T value=-1.123 P 값=0.29
Storage days	Mean difference=-0.125 T=-0.885 P 값=0.399	Mean difference=-0.08 T 값=1.174 P 값=0.279
Storage rates	Mean difference=1.075 T value=1.314 P value=0.230	Mean difference=2.24 T value=2.081 P value=0.067 *

P 값; 양측검증 / **, 양측검정 유의수준 5%에서 유의함 / *, 양측검정 유의수준 10%에서 유의함

WDI 차이검정에서 1-8월의 차이는 유의수준 5%에서 유의하다. 즉, 작업량의 분산이 유의적으로 감소했음을 의미한다.

WDI 차이검정에서 1-10월의 차이는 유의하지 않으나, 장치율에서 1-10월의 차이는 유의수준 10%에서 다소 약하나 유의하다. 따라서 1-10월 차이에서도 장치율의 증가했음에도 불구하고 분산은 유의하지는 않으나 감소했다. 전체적으로 보아, WDI의 감소가 보였으며, 장치율이 증가한 2016년 9, 10월에도 시스템 개선의 효과는 있었다고 판단된다.

WDI의 실질적인 효과를 알아보기 위해 2015년 1월에서 2016년 12월 까지 전체 RTGC의 작업시간 자료를 이용하여 장비의 평균 작업시간과 장비들 간 작업시간의 편차를 파악하였다.

다음 Fig. 1, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4는 2015년과 2016년의 장비들의 작업시간 자료를 이용한 평균과 표준편차의 추이이다. 장비는 실제 가동하는 RTGC 28대의 2015년 1월부터 2016년 12월까지 일별 작업시간 데이터를 토대로 하였다.

주간 평균 작업시간과 야간 평균 작업시간, 주야 총 작업시간으로 구분하였으며 작업시간의 편차에 대한 추이를 살펴봄으로써 장비들 간 작업 분산이 얼마나 이루어졌는지 파악하고자 한다.

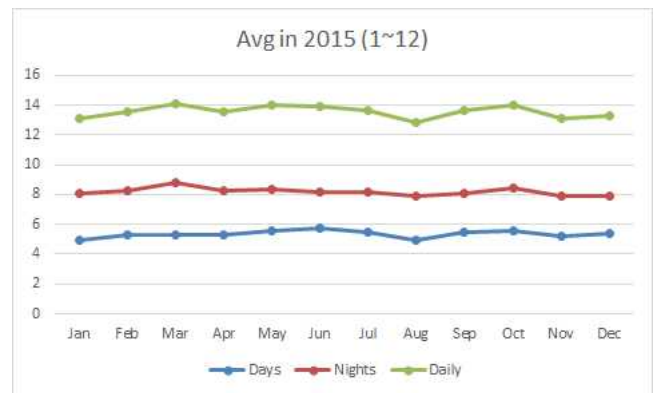


Fig. 1 RTGC working hours Average in 2015(Jan~Dec)

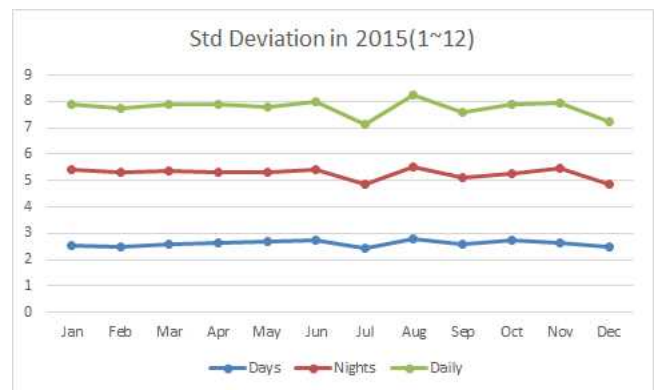


Fig. 2 RTGC working hours Standard Deviation in 2015(Jan~Dec)

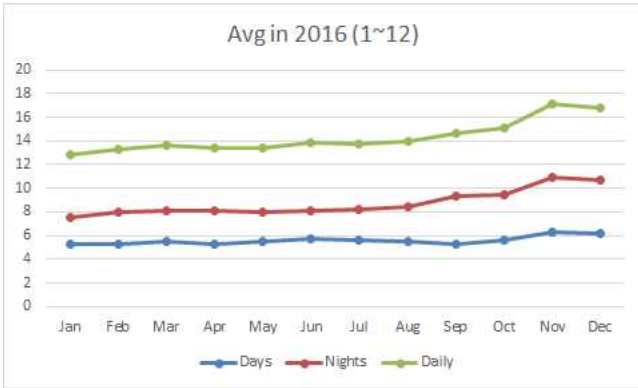


Fig. 3 RTGC working hours Average in 2016(Jan~Dec)

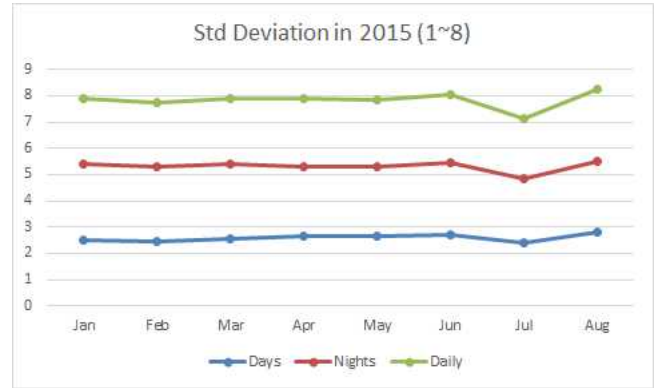


Fig. 6 RTGC working hours Standard Deviation in 2015(Jan~Aug)

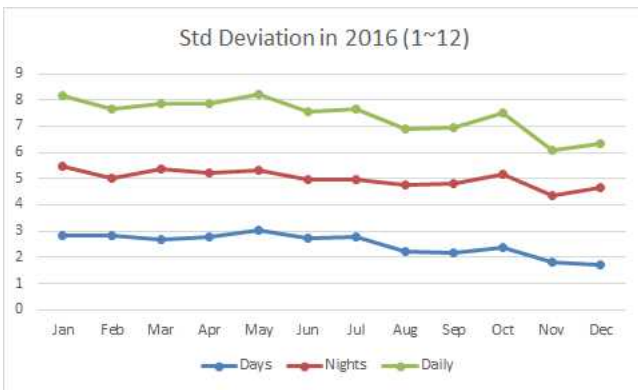


Fig. 4 RTGC working hours Standard Deviation in 2016(Jan~Dec)

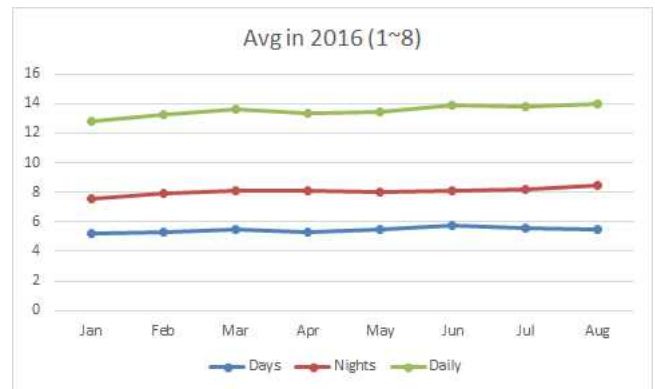


Fig. 7 RTGC working hours Average in 2016(Jan~Aug)

실제 사용되는 RTGC들의 월별 평균 작업시간과 표준편차를 파악한 결과 2015년의 장비 작업시간과 작업시간의 편차는 대체로 비슷한 추이를 보인다.

이에 반해 2016년은 평균 작업시간의 증가세가 뚜렷한데 이에 비해 작업 시간의 표준편차는 감소세가 뚜렷하다. 이것은 전체 장비들이 더 많은 작업을 수행했다는 것을 의미하며 편차가 줄어들었다는 것은 장비들 간 작업 분산이 이루어지고 있음을 의미한다.

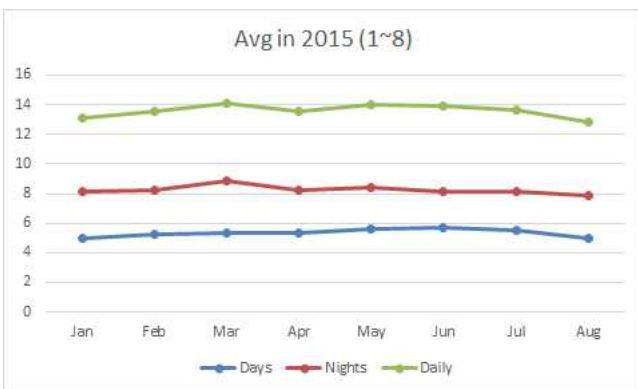


Fig. 5 RTGC working hours Average in 2015(Jan~Aug)

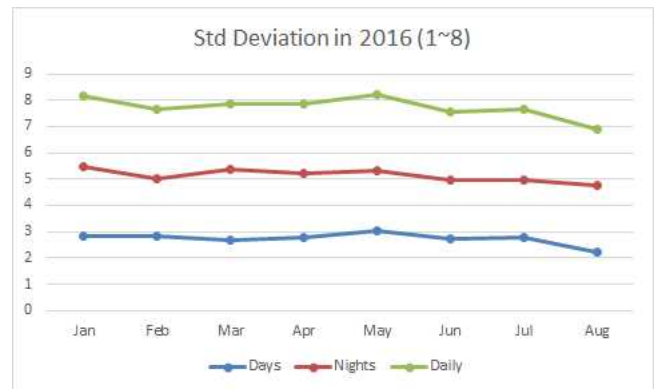


Fig. 8 RTGC working hours Standard Deviation in 2016(Jan~Aug)

Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8과 같이 2015년과 2016년의 1월~8월까지의 평균과 표준편차를 다음의 Table 9와 같이 비교해 보면 1월~8월까지의 값은 크게 차이가 나지 않는다는 것을 알 수 있다. 이는 한진해운사태의 기간을 제외한 자료를 비교하자면 크게 차이가 나지 않지만 한진해운사태로 인해 물량이 몰려도 WDI를 도입한 효과가 충분히 있었다고 할 수 있다.

Table 9 RTGC working time Average and Standard Deviation between 2015 and 2016

Year	2015		2016	
	Jan~Aug	Jan~Dec	Jan~Aug	Jan~Dec
Average	13.58507	13.55661	13.51696	14.32125
Std	7.82900	7.77312	7.73965	7.39793

작업 물량이 많아 작업시간이 늘어났지만 많은 물량으로 복잡한 상황임에도 불구하고 장비들 간의 작업시간 편차가 오히려 줄어들었다는 것은 장비들에 작업 분산이 잘 이루어져 운영효과를 보았다고 할 수 있다.

4. 결 론

WDI의 도입 효과에 대해 외부적인 요인과 내부적인 요인으로 구분하여 결론을 내리면 다음과 같다.

우선 WDI의 도입과 무관하게 터미널의 운영에 영향을 크게 끼친 외부적 요인으로는 2016년 9월 한진해운 사태가 있다. 한진사태 이후 갑자기 물량이 늘어남에도 불구하고 터미널은 인원 충원 없이 기존 인원으로 운영이 되었으며, 잔업시간이 증가, 컨테이너의 적재단수가 전체적으로 상승하였다. 또한 물량증가는 선석점유율 상승과 야드 점유율 상승으로 이어지게 되었으며 이를 극복하기 위해 인원 충원을 실시하게 된다. 인원 충원은 퇴직자, 일용직, 한진 인원의 흡수를 위주로 실시되었다. H사는 3팀이 3교대로 근무하는데 각 팀당 약 30명의 인원이 투입되며 숙련도에 따라 선석크레인, 야드크레인, YT순서로 투입되는데 휴가 등으로 인한 GC투입 인원이 부족할 경우엔 RTGC담당 인원이 GC에 투입되는 경우도 발생한다. 기본적으로 터미널은 선석 작업을 우선시하는 경향이 있으나 장치장의 물량이 늘어남에 따라 높은 야드 적재율로 인하여, 본선 위주의 작업에서 야드위주의 작업으로 전환하기도 하는 등 상시 RTGC가동 장비 가동율이 증가하였다.

내부적으로는 WDI를 시행하는 RTGC의 전반적인 운영 프로세스에서 반출입 시간 및 제조작 작업이 유동적으로 움직일 수 있도록 시도하였다. 그러나 현장 작업자들의 인식과 다소 거리가 있었다. 본선위주의 작업을 우선으로 하는 인식이 높아 장치장의 반출입 작업 대기시간이 증가하고 차량이 블럭에서 작업이 많아 과부하가 발생해도, 무전 및 유선으로 전달이 잘 이루어지지 않는 등 의사소통이 미비한 점이 있었다. 또한 주간과 야간 교대작업시 주간의 경우 반출입 작업 비율이 높은데 비해 야간작업시 인원 교대에 따라 작업에 영향을 미치기도 하였다. 또한 기존 야드의 장치일수가 3일에서 최대 1년 무제한의 장치가 가능하게 되는 등의 운영정책의 변화로 인해 장치장의 활용에서 다소 불리함을 안게 되는 문제도 있었다.

결과적으로 WDI를 도입하여 기존과 비슷한 수준의 물량을 바탕으로 장비 활용성을 높이려는 시도였지만 물량 증가 및 적용 미비와 같은 내·외부적 영향으로 WDI의 도입 성과가 다소 약해진 경향이 있었다고 할 수 있다. 하지만 물량증가와

같은 외부적 요인에도 불구하고 장비간 작업시간 편차가 줄어든 것은 WDI의 도입이 실무에 유의미한 성과를 보였다고 할 수 있으며 작업인력들의 시스템 적용과 같은 내부적인 문제는 인적 요소가 배제되는 야드 장비의 자동화가 이루어진 자동화 터미널에서 활용 가능성을 보여준다는 점에서 의의가 있다.

References

- [1] Carlo, Héctor J., Iris FA Vis, and Kees Jan Roodbergen.(2014) "Storage yard operations in container terminals: Literature overview, trends, and research directions.", *European Journal of Operational Research* Vol. 235, No. 2, pp. 412-430
- [2] Cha, S. H. and Noh, C. K. (2014), "A Study on the Application of Transfer Equipment Pooling Systems for Enhancing Productivity at Container Terminals", *Journal of Korean Navigation and Port Reserch* Vol.38 No.4 pp. 399-407.
- [3] Chung, C. Y. and Shin, J. Y.(2009), "Dual Cycle Plan for Efficient Ship Loading and Unloading in Container Terminals", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 33, pp. 555-562.
- [4] Goodchild, Anne V., and Carlos F. Daganzo.(2006) "Double-cycling strategies for container ships and their effect on ship loading and unloading operations." *Transportation Science*, Vol. 40, No. 4, pp. 473-483.
- [5] Bae, J. W. and Park Y. M. (2012), "Yard Crane Dispatching for Remarshalling in an Automated Container Terminal", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 36, pp. 665-671.
- [6] Won, S. H. and Kim, K. H. (2009), "Deployment of Yard Cranes Considering Storage Plans in Container Terminals", *Journal of Korean Navigation and Port Research*, Vol. 33, pp. 79-90.
- [7] Shin, J. Y. and Kwon S. C. (2009), "Effective Operation Strategies for Pooling Yard Tractors in Container Terminals", *Journal of Korean Navigation and Port Reserch*, Vol. 33, No. 6, pp. 401-407.
- [8] Jeon, S. M., Kim, K. H., Kim, J. J., Ryu, K. R., Park, N. K., Choi, H. R. (2006), "A Study on Yard Operation in Container Terminal", *Journal of Intelligence and Information Systems*, Vol. 12, No. 1, pp. 125-137.
- [8] Wiese, J., Suhl, L., Kliever, N. (2011), "Planning container terminal layouts considering equipment types and storage block design" *Handbook of terminal planning*, Springer New York, pp. 219 - 245.

Received 18 May 2017

Revised 17 July 2017

Accepted 17 July 2017