# 대륙연계 컨테이너 수송을 위한 환적방식과 궤간가변방식의 경제성 비교

# Economic Analysis on Transshipment and the Gauge-Adjustable System for Trans-Continental Container Transportation

정광우\*

Kwang Woo Chung

**Abstract** With a view to the commercialization of the Korean automatic variable-gauge bogic in the Eurasia railway system, the aim of this research was to perform an economic analysis concerning the possible introduction and operation of this bogic at the present time. For this purpose, we compared the possible types of freight connection service for container transportation, transshipment and the gauge-adjustable system, estimating the total life-cycle cost (LCC) incurred by each system, depending on type and quantity, over the whole process of acquisition, operation, maintenance and disposal. Based on this, we presented a case-by case analysis. Furthermore, in estimating economic feasibility, we analyzed the cost-benefit ratio taking into account not only the objective LCC, but also the reduced time required for the gauge-change and customer convenience. After estimating the LCC and analyzing the cost-benefit ratio of the respective systems, we demonstrated the economic superiority of view of the gauge adjustable system.

Keywords: Handling system, Transshipment, Automatic variable-gauge, Railway transportation system, Cost-benefit ratio

초 록 연구의 목적은 동북아 철도물류시스템에 한국형 궤간가변대차가 상용화되는 것을 가정하고, 향후 궤간 가변대차의 도입 및 운영에 필요한 경제성 분석을 목적으로 하였다. 이를 위해 향후 컨테이너 수송에서 예상되는 화물 연계 서비스 중 환적방식과 궤간가변방식의 서비스 유형에 대하여 경로별 그리고 수송량 별로 수송시스템의 획득, 운영 및 유지보수, 폐기의 전 과정 속에서 발생되는 총 수명주기비용을 예측하고 이를 기반으로 각 대안을 비교 분석하였다. 또한, 각 대안별 경제성을 추정하기 위하여 객관적 비용으로 나타나는 LCC 비용뿐만 아니라 서비스 유형의 차이로 발생하는 궤간변경 지점에서의 통행시간 절감부분과 부가적인 서비스 등 서비스 이용자의 직접적인 편익을 고려한 비용-편익 비를 분석하여 경제성을 추정하였다. LCC 분석 및 B/C 분석결과, 경제성 측면에서 환적방식에 비하여 궤간가변방식이 우수함을 확인하였다.

주요어 : 하역시스템, 환적방식, 자동궤간가변방식, 철도 수송시스템, 비용-편익비

## 1. 서 론

최근 유럽과 아시아 사이의 물동량 증가는 철도수송에 있어서 사회적/경제적으로 좋은 기회의 장을 제공하고 있으며, 21세기 세계 경제의 한 축을 담당하고 있는 동북아 지역과 유럽 지역의 새로운 육상수송루트 개발이 요구되고 있다. 또한 우리나라는 유라시아 대륙 철도연결의 시발점으로써의 지리적 이점을 활용한 동북아 물류 중심국가로 부상과 유라시아 이니셔티브 선점을 위하여 아시아-유럽 횡단철도인 TSR(Trans-Siberian Railway), TCR(Trans-China Railway) 및 TKR(Trans- Korea Railway)의 통합 운영 노선에 대한 기초 연구와 통합 연계 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1]

\*Corresponding author.
Tel.: +82-10-7124-1759, E-mail: ckw1201@ut.ac.kr
©The Korean Society for Railway 2014
http://dx.doi.org/10.7782/JKSR.2014.17.5.373

TSR과 TCR 등 유라시아 철도는 극동아시아를 중앙 아시 아 및 유럽으로 연결하는 주요 육상교역로로서 해상 운송에 비해 거리를 반 이하로 단축할 수 있어 시간 단축과 비용 의 저렴성을 확보할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 철 도에 의한 수출입 화물의 자연스러운 흐름을 방해하는 장애 중의 하나는 일부 국가에 존재하는 서로 상이한 궤간(표준 궤/광궤)의 인터페이스 문제이다. 유라시아 철도가 극동아시 아와 중앙 아시아 및 유럽간의 통합운송 네트워크로서의 기 능을 수행하기 위해서는 궤간 차이를 극복하고 상호 운용성 을 달성하는 것이 최우선 과제이다. 특히 국경 통과 시 서 로 상이한 궤간의 인터페이스는 화물의 환적 또는 차량 교 환이 요구되고 있어 화물 수송 시스템의 운영에 심각한 어 려움을 발생시키며 또한 궤간 변경 지점에 대단위 기반시설 이 필요하고, 화물 수송시간의 지연 및 위험물 수송의 안전 성에 심각한 영향을 미치게 된다. 이러한 궤간 차이로부터 제기되는 기술적 그리고 운영적 문제를 해결하고 전체 철도 수송 시스템의 효율성을 제고할 수 있는 최적의 해결책이 요 374 한국철도학회논문집 제17권 제5호(2014년 10월)

구되고 있다[1-6].

본 연구에서는 1435mm/1520mm 궤간 변경지점에서 발생될 수 있는 컨테이너 수송 시스템의 환적과 궤간가변방식의 수송 시나리오를 설정하고, 이를 기술적 지표에 근거하여 각수송 시나리오를 분석하였다. 또한, 이를 기반으로 환적 방식과 궤간가변대차 방식의 상호 비교 평가를 위하여 LCC (Life Cycle Cost) 분석 모델과 비용-편익비(B/C ratio) 분석을 사용하여 경제성을 평가하였다.

# 2. 컨테이너 수송시스템의 기술적 분석

철도 수송 시스템의 효율성은 궤간변경 지점에서 화물 유형(컨테이너, 포장화물, 석유 및 액화가스, 벌크화물 등)에 따른 서비스 방식에 따라 기술적운영적 문제를 발생시킨다 [7,10,11]. 현재 궤간변경지점에서 화물 연계 서비스 방식은 하역 기술과 교환 기술이 사용되고 있다. 기존의 하역방식은 화물 유형에 많은 영향을 받으며, 궤간 변경 지점에 보관 창고나 환적 설비와 같은 넓은 기반 시설과 많은 운영인력이 필요로 하는 반면, 교환 방식은 화물 유형에는 영향을 받지 않으나, 서비스 방식에 따라 추가적인 장비가 필요하다. 하역 기술은 컨테이너 연계수송을 위한 환적방식(Tansshipment)과 석유나 액화가스등을 위한 양수(Pumping) 방식이 주로 사용되고 있으며, 교환기술은 화물의 유형에 무관하게 대차교환방식, 윤축교환방식, 자동궤간가변 방식이 사용되고 있다.

대륙철도를 이용한 컨테이너 화물 수송 시 이종궤간의 국경에서 화물 운송량이 적을 경우, 환적을 통한 화물 연계에 큰 문제는 없지만, 화물 수송량이 증가할 경우, 병목현상 등원활한 화물 운송에 많은 문제점을 갖고 있으며, 또한 화물연계 수송에서 많은 시간이 소비된다. 궤간가변대차의 경우, 환적에 따른 시간 및 비용 증가 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 화물 손상을 방지하고, 위험물 처리에 유리한 친환경적 시스템이며, 이종 궤간의 국경지역에서 환적 및 대차 교환설비 등 추가적인 인프라 비용을 절감할 수 있다 [8,9].

철도 화물 수송 시스템의 서비스 방식은 다음과 같은 요 인을 고려하여야 한다.

- · 경제성 화물의 환적 비용 및 시간
- · 품질 화물의 손상없이 수송
- · 환경보호 재선적 동안의 환경 보호, 특히 위험물의 재 선적 동안
  - · 기술적 요소 값비싼 재선적 과정뿐만 아니라 철도 시

설 및 크레인에 의한 궤간 변경지역에서의 큰 공간의 점유 등이와 같은 요인으로부터 가장 경제적인 수송 시나리오를 선택하는 것이 중요하기 때문에, 궤간변경 지점에서 다양한 서비스 분석이 필요하다.

#### 2.1 수송 경로 및 거리

한반도 중단철도와 대륙철도를 연계한 예상 컨테이너 수송 경로는 다양한 경로가 존재하고 있다. 다양한 경로 중에서 TKR은 평양을 통과하는 경의선 구간은 현재 남북관계의 특수성를 고려하여 경원선 통과 구간을 분석을 위한 수송 경로로 선정하였다. 그러나, 경의선을 경유하여 TMR과 TMGR-TSR로 이어지는 구간은 Table 1의 경로 I과 비교하여 같은 횟수(1회)의 궤간변경지점이 존재하고 수송거리가짧기 때문에 경로 I의 거리 변화에 따른 경제성 분석을 통하여 간접 비교가 가능하기 때문에 제외하였다.

화물 수송은 러시아 및 중앙 아시아, 중국 동북 3성, 동 유럽으로의 철도 컨테이너 수송을 가정하였으며, 부산을 시 발역으로하고 종단역은 울란우데를 선정하였다. 본 연구에 서 선택한 울란우데는 TSR이 몽골, 중국을 걸쳐 한반도 종 단철도로 연결되는 길목으로 적정 수송량 확보에 유리하여 수송 경로의 종단점으로 선택하였다. 그러나 러시아의 모스 크바, 중앙아시아의 울란바타르 혹은 이스타나를 종단점으 로 분석의 범위를 확대하는 것도 가능하며, 본 연구의 결과 를 토대로 수송 거리의 변화에 따른 경제성을 예측할 수도 있을 것이다.

본 연구에서는 한반도 종단철도와 대륙철도를 연계한 다양한 예상 컨테이너 수송 경로 중에서 Table 1에 나타낸 경로 I과 경로 II을 선택하였다. 경로 I은 다른 경로에 비하여수송 거리가 가장 긴 특징을 가지고 있으나 궤간 변경 지점의 횟수가 가장 적은 특징이 있어, 수송 거리에 대한 수송 시스템의 영향을 평가하기 위하여 선택하였으며, 경로 II는 다른 경로에 비하여수송거리가 가장 짧은 특징을 가지고 있지만, 궤간 변경 지점이 다른 경로에 비하여 많은 특징을 가지고 있어, 궤간 변경지점의 횟수에 따른 수송 시스템의 영향을 평가하기 위하여 선택하였다.

# 2.2 화물 처리 능력

제간변경 지점에서 수송서비스 유형별 시간당 최대 컨테이너 처리능력을 Table 2에 나타내었다. 환적 방식의 서비스 시간은 30개의 화차(20피트 컨테이너 60개)를 1 그룹이라고 가정하고, 1 그룹당 환적시간 180분과 환적 그룹의 변

 Table 1 Container transportation routes and distance

Routes		Distance[km]	Gauge-adjustable place		
Roules	1435mm	1520mm	Total	Gauge-adjustable place	
Route I : TKR-TSR	1,327	3,652	4,979	Dooman river/Hasan	
Route II : TKR-TSR-TMR-TSR	2,815	1,085	3,900	Dooman river/Hasan Suifenhe/Grodekove Manchouli/Zabaykalsk	

Throughput Service time Service type Service method [minute] TEU/day Ton/days Service group transshipment using 290 300 6,450 Transshipment gantry crane Variable gauge system Gauge changing facility 45 1,920 41,280

Table 2 Transportation service container throughput

Remark: 1) Service group - 30 freight car, 2) 2 TEU(21.5 ton \*2)/freight car, 3) Exclude prepare time

 Table 3 Container transshipment equipment

Space of transshipment terminal		Transshipment equipment		Track system		
Container yard	41,000m <sup>2</sup>	2 Gantry crane		2 sidetrack use shunting work	1,500m	
Sidetrack	22,000m <sup>2</sup>	Length 34.7m		2 sidetrack use crane work	690m	
Green Zone	2,500m <sup>2</sup>	Capacity 50ton		Main line	1,450m	
Storage space of spare car	14,000m <sup>2</sup>	Lifting height 11.8m		Crane guide way	690m	

경시간 110분을 고려하여 290분으로 산정하였으며, 이는 현재 유럽의 궤간변경 지점에서 수행되고 있는 현실적 서비스시간을 고려하였다[3,4,10].

# 2.3 화물 처리를 위한 기반 시설

컨테이너 환적을 위한 수송 시나리오에서, 궤간변경지점에서는 리프팅 용량  $Q_{\text{max}}$ =50톤과 L=34.7m폭을 갖고 있는 갠트리 크레인을 이용하여 컨테이너를 수직 환적한다. 크레인을 이용한 수직 환적에서는 크레인 인근에 컨테이너 저장야드와 1520mm/1435mm 환적 선로가 필요하다. 반면 궤간가변을 위한 기반시설은 1435mm/1520mm 본선 구간에 20m 정도의 궤간가변지상설비만이 필요하다.

# 2.4 수송 수단과 적재 유닛 비용

컨테이너 수송을 위한 수송 시나리오별 필요한 수송 수단 과 적재 유닛은 Table 4과 같이 요약할 수 있다.

# 2.5 운영 인력

궤간변경 지점에서, 각 수송 시나리오에 대한 최소 운영 인력은 Table 5과 같이 요약할 수 있다. 이는 1일 3교대를 가정하여 산정하였다.

# 2.6 화차 회귀율과 소요 화차 수

대륙철도 수송 회랑에서 화차 회귀율은 다음과 같이 결정 할 수 있다.

$$RFR = \frac{1}{24} [t_{p1} + n_{lg} \cdot t_{lg} + 2t_{wt} + 2t_{lu} + 2t_{nt} + n_{ug} \cdot t_{ug} + 2t_{p2}] \cdot \eta$$
(1)

산출된 화차 회귀율과 연간 수송량을 이용하여 수송 시나 리오에서 요구되는 소요 화차량은 다음과 같이 결정할 수 있다.

Table 4 Freight car and container unit

G	Freight car use 1520mm track
Container transshipment	Freight car use 1435mm track
	Universal ISO container 20ft
	Standard platform freight car (exclude bogie)
Variable gauge system	Universal ISO container 20ft
	Automatic gauge-adjustable bogie

Table 5 Operating personnel

Service type	Operating personnel	Breakdown
Container transshipment	23	6-Crane, 12-Loop worker, 5-Administration
Variable gauge system 12		6-Observer, 3-Control system operator, 3-Administration

$$N_{fc} = \frac{YTQ \cdot RFR}{365 \cdot W_I} (1+r) \tag{2}$$

여기서, YTQ는 연간 컨테이너 수송량[TEU], RFR은 화차 회 귀율,  $W_1$ 은 화차 적재 컨테이너 수[TEU], r은 화차 예비율 (r=15%)이다.

# 2.7 서비스 과정의 기술적 파라미터

컨테이너 수송에서 환적방식과 궤간가변방식의 경제성 비교를 위해서는 궤간변경 지점에서화물 연계 서비스를 제공하기 위한 기반시설 및 운영 인력에 대한 기술적 파라미터와 서비스 방식별 연간 화물처리 능력을 고려한 서비스 장비 및 소요 화차 등 다양한 기술적 파라미터의 검토가 필요하다. Table 7과 Table 8에는 각 경로에 대한 화물 연계

Table 6 Wagon turn-back days for container transportation (Route I)

Parameter	Symbol	Variable gauge sys	tem	Container transshipment		
r arameter	Symbol	Remarks	Value[hours]	Remarks	Value[hours]	
prepare time in a departure station	$t_{p1}$	-	10	-	10(20)	
Number of the loading group	$n_{lg}$	2group(30 freight car)	-	2group(30 freight car)	-	
Time of the loading group	$t_{lg}$	240min 8 240min		8(16)		
Transportation Time in 1520mm	$t_{wt}$	s=3,652km, V <sub>h</sub> =50km/h	73(146)	$s=3,652$ km, $V_h=50$ km/h	73(146)	
Loading and unloading time	$t_{lu}$	Locomotive exchange and gauge-adjustable time	0.75(1.5)	1 group transshipment time - 180min	-	
				Total group transshipment time	6(12)	
				Alteration of transshipment group 110min	-	
				Total alteration of transshipment group	3.6(7.3)	
				Prepare time	5(10)	
Transportation time in 1435mm	$t_{nt}$	s=1,327km, V <sub>h</sub> =60km/h	22.1(44.2)	s=1,327km, V <sub>h</sub> =60km/h	22.1(44.2)	
Number of the unloading group	$n_{ug}$	2group(30 freight car)	-	2group(30 freight car)	-	
Time of the unloading group	$t_{ug}$	240min	8	240min	8(16)	
prepare time in a arrival station	$t_{p2}$	-	10	-	10(20)	
Compensation factor	η	1.2	-	1.2	-	
Turn-back days		273 hours = 11.4days		350 hours = 14.6day		

Table 7 Technical parameter in route I

			-					
'		Vari	able Gauge Sys	tem	Transshipment			
		100,000 [TEU]	200,000 [TEU]	300,000 [TEU]	100,000 [TEU]	200,000 [TEU]	300,000 [TEU]	
~ ·	Service group	30 freight car			30 freight car			
Service process	Throughput[day]		1,920 [TEU]			300 [TEU]		
process	Max throughput[years]	700,800 [TEU]			109,500 [TEU]			
Equipment in the gauge interface site		Ground facility			2 crane	4 crane	6 crane	
(	(1435/1520mm)		Surveillance system			4 reach stacker	6 reach stacker	
	Load Unit	ISO 20fit container			ISO 20fit container			
Transportation means	Freight car	Standard freight car with the automatic gauge-adjustable bogie			Freight car use 1435mm			
means	Turn-back day	11.4day			14.6day			
Demand freight car		1,795	3,589	5,384	2,298	4,595	6,893	
Ope	erating personnel	15			38	72	106	
Storage space[rate]		1			7.45	14.9	22.36	
	·		·	·	· ·	·		

서비스 과정의 기술적 파라미터를 종합하여 나타내었다.

# 3. 컨테이너 수송시스템의 경제성 분석

# 3.1 LCC 모델을 이용한 수송 시스템 분석

본 연구의 LCC 모델은 환적방식과 궤간가변방식의 비교

특성을 가지고 있어 두가지 수송 시나리오에 대하여 동일한 효과를 나타내는 비용 범주는 LCC 모델에서 제외하였다. LCC 모델은 획득비용과 소유비용만을 고려하여 개발하였으며, 분석을 위한 시스템 수명은 30년 운영을 가정하였다.

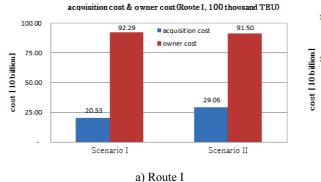
$$LCC = AQC(획득비용) + POC(소유비용)$$
 (3)

			P		_			
		Var	iable Gauge Sy	ystem		Transshipment		
		100,000	200,000	300,000	100,000	200,000	300,000	
		[TEU]	[TEU]	[TEU]	[TEU]	[TEU]	[TEU]	
G :	Service group		30 freight car	r		30 freight car		
Service process	Throughput[day]		1,920 [TEU]			300 [TEU]		
process	Max throughput[years]	700,800 [TEU]			109,500 [TEU]			
Equipment in the gauge interface site		Ground facility			6 crane	12 crane	18 crane	
(14	435/1520mm)	Surveillance system			6 reach stacker	12 reach stacker	18 reach stacker	
	Load Unit	ISO 20fit container			ISO 20fit container			
Transportation	Freight car		Standard freight car with the automatic gauge-adjustable bogie			Freight car use 1435mm Freight car use 1520mm		
means	Turn-back day		8.9 day		14.9 day			
Demand freight car		1,400	2,800	4,200	2,342	4,684	7,025	
Oper	rating personnel	45			114	216	318	
Stor	age space[rate]		1		7.45	14 9	22.36	

Table 8 Technical parameter in route II

Table 9 Consideration of LCC model

		Container transshipment Variable gauge system		Remark	
Common elements		Locomotive, driver, energy c	Exclude from the cost elements		
	No. of freight car	Required fi	LCC, RAMS		
Discrimination	No. of freight car	Mainter			
elements	Gauge interface site	Equipment and operating personnel			
	Gauge interface site	Equipment maintenance			
Renef	its elements	Time value of cargo		Benefits by the difference of the	
Beller	its cicinents	Occupied space(Land	cost, Terminal fee)	service type	



acquisition cost & owner cost (Route II, 100 thousand TBU)

acquisition cost
acquisition cost
owner cost

111.01

78.22

Scenario I Scenario II

Fig. 1 Total LCC in transport scenarios

여기서,

 AQC = 화차구입비용+궤간변경지점의 서비스장비구입비용

 POC=PMC(예방정비)+CMC(고장정비)+OPC(운영인건비)

 +UNC(비가용성비용)

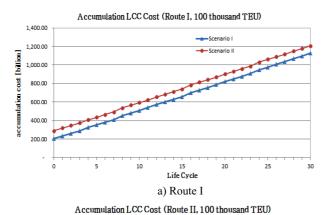
(4)

획득 비용은 컨테이너 수송을 위한 수송 수단의 구매와 궤 간 변경지점에서 환적 혹은 궤간변경을 위한 기술적 장비의 구매를 위한 자본 투자비용의 합이다. Fig. 1에는 수송시나리오별 총 LCC 비용을 나타내고 있다. 시나리오 I은 환적 방식에 의한 컨테이너 수송의 경우이고, 시나리오 II는 궤간 가변방식에 의한 컨테이너 수송의 경우를 나타내고 있다.

b) Route II

제간가변 대차는 기존 화차에 비해 추가적인 궤간가변 윤축비용 및 유지보수 비용이 발생한다. 경로 I에서 궤간가변 방식은 궤간가변윤축을 장착한 대차의 가격이 2.35배 정도

#### 378 한국철도학회논문집 제17권 제5호(2014년 10월)



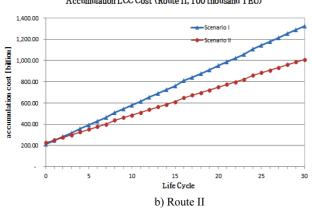


Fig. 2. Accumulated LCC in transport scenarios

높아 초기 투자비용이 높게 발생되어 환적방식에 비하여 총 LCC가 수송량에 따라 7~5.7% 정도 크게 발생한다. 전체 수 명 30년 동안 누적 LCC 비용 지출의 차이는 다소 줄기는 하나 초기 투자비용의 차이를 극복하지 못하는 것으로 나타 난다. 이는 환적방식의 경우, 화물 연계를 위한 궤간 변경 지점에서의 서비스 제공에 필요한 장비 운용 및 인력 비용 이 궤간가변방식에 비하여 다소 높게 나타나는 반면, 궤간 가변방식의 경우, 궤간 변경 지점에서의 수송 서비스의 형 태가 자동화 되어 소유비용이 환적방식에 비하여 다소 낮게 나타난다. 경로 II에서 궤간가변방식은 궤간가변윤축을 장착 한 화차의 가격이 환적방식에 비하여 높은 반면, 화물 수송 에 필요한 화차의 수가 적어 초기 투자비용이 낮게 발생되 는 반면, 환적방식은 3번의 궤간변경에 필요하여 많은 환적 장비설치 및 화차 소요로 인하여 초기 투자비용이 높아 두 방식의 초기 LCC은 거의 동일하게 나타난다. 그러나 전체 수명 30년 동안 누적 LCC 비용을 비교하여보면, 환적방식

은 많은 소유비용이 발생하는 반면 궤간 가변 방식은 수송 연계 서비스가 자동화되어 소유비용이 낮은 수송량에 따라 24.2%~27.5% 정도 환적방식에 비하여 낮게 나타나고 있다.

# 3.2 B/C 분석을 통한 경제성 비교

컨테이너 수송 시나리오의 경제성을 추정하기 위해서는 객관적 비용으로 나타나는 LCC 비용뿐만 아니라 두 방식의 서비스 유형의 차이로 발생하는 편익 부분을 고려하여야 한다. 환적방식과 궤간가변방식의 경제적 타당성을 평가하기위하여 "교통시설투자평가지침 제4차 개정(2011.10)"을 참조하여 비용-편익 분석을 수행하였다.

환적방식과 궤간가변방식의 경제성 평가에 사용된 비용-편익비의 산정식은 다음과 같다.

비용편의비 = 
$$\sum_{n}^{N} BPV_{n} / \sum_{m}^{M} CPV_{m}$$

$$= \sum_{n}^{N} BPV_{n} / \left( \sum_{m}^{M} GVCPM_{m} - \sum_{m}^{M} TSCPV_{m} \right)$$

$$= TBPV/TCPV$$
(5)

여기서.

BPVn: n항목 편익의 현재가치

CPV<sub>m</sub>: m항목 비용의 현재가치

GVCPV<sub>m</sub>: 궤간가변방식에서 m항목 LCC 비용의 현재가치 TSCPV<sub>m</sub>: 환적방식에서 m항목 LCC 비용의 현재가치

TBPV: 총 편익의 현재가치TCPV: 총 비용의 현재가치n,N: 편익 항목의 종류m,M: 비용 항목의 종류

위 식에서 적용되는 각 편익항목 및 비용항목의 현재가치 산정식은 다음과 같이 산정하였다.

$$BPV_n = \sum_{t=0}^{T} \frac{B_{nt}}{(1+r)^t}$$
 (6)

여기서.

T: 기준연차로부터 평가대상기간 최종 연차까지의 연수(T=30)

t: 기준 연차를 0으로 하는 연차

 $B_{nt}$ : 기준 연차로부터 t년째의 n항목의 편익

r: 사회적 할인율(r=5.5%)

n: 편익의 종류

Table 10 Total LCC [billion won]

		Tr	ansport volume [TEU/Years]	
		100.000	200,000	300,000
Route I	Container transshipment	1,126	2,244	3,362
	Variable gauge system	1,205	2,379	3,554
Route II	Container transshipment	1,322	2,621	3,920
Route II	Variable gauge system	1,009	1,925	2,841

	Items	100,000 TEU	B/C Ratio	200,000 TEU	B/C Ratio	300,000 TEU	B/C Ratio
Benefit items	Time saving	226		453		680	
	Cost saving in terminal fee	23.4		47		70	
Cost items	LCC cost in Variable Gauge System	731	3.01	1,448	3.24	2,165	3.32
	LCC cost in Container Transshipment	648		1,293		1,939	
	Difference of LCC cost	83		155		226	

**Table 11** Cost-benefit ratio in route I (discount rate r=5.5%) [Unit: billion won)

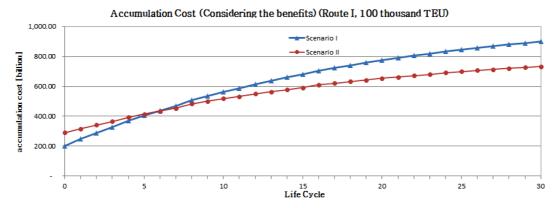


Fig. 3. Accumulated LCC (Considering the benefits)

$$CPV_n = \sum_{t=0}^{T} \frac{C_{nt}}{(1+r)^t}$$
 (7)

여기서,

 $C_{m}$ : 기준 연차로부터 t년째의 n항목의 비용 m: 비용의 종류

편익항목으로는 궤간 변경지점의 서비스 유형의 차이로 발생되는 화물통행시간절감에 대한 편익과 터미널 사용 비용절감에 대한 편익만을 고려하여 분석하여 결과를 Table 11에 나타내었다(경로 I).

경로 I에서 비용-편익비를 고려한 누적 LCC 비용 지출은 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 2의 a)와 Fig.3을 비교하면 보면, 비용-편익비를 고려하지 않은 경우(Fig. 2)에는 환적방식이 궤간가변방식에 비하여 LCC측면에서 다소 경제적으로 나타나고 있으나, 비용-편익비를 고려하는 경우(Fig. 3)에는 초기 투자비용의 효과로 인하여 수명주기 초기에는 환적방식이 좋게 나타나고 있으나, 전체 수명주기를 고려하면 환적방식에 비하여 궤간가변방식이 경제적임을 나타내고 있다. 환적방식의 경우, 궤간변경 지점에서 컨테이너 환적에 따라 많은 시간 지연이 발생하며, 환적에 필요한 넓은 공간 및 컨테이너 보관 장소,보관 서비스 등이 필요하게 된다. 반면, 궤간가변 방식은 화물 연계에 짧은 시간 지연과 적은 공간이 필요하고 기타부가적인 서비스가 발생하지 않는 장점을 가지고 있어 철도 수송 시스템의 경제성을 향상시킨 결과로 나타난다.

#### 4. 결 론

향후, 대륙철도 연계 수송시스템에서 궤간 극복을 위한 의사 결정은 궤간 변경을 위한 수송 시스템의 초기 투자비용 뿐만 아니라, 수송서비스의 신뢰성과 효율성, 안전성, 경제성 측면의 검토가 필요하며, 수송 시스템의 전체 수명주기동안에 발생되는 소유 및 운영비용에 대한 고려가 필요하다.

컨테이너 수송에서 현재 널리 사용되고 있는 화물 처리 서 비스 과정의 기술적 지표를 분석하였다. 궤간 변경 지점에 서의 서비스 과정과 이에 필요한 장비, 수송 수단 및 운영 인력은 궤간 변경 지점에서의 수송 시나리오에 따라 많은 영 향을 받게되며, 이는 철도 수송 시스템의 효율성에 많은 영 향을 주게된다. 갠트리 크레인을 이용한 수직 환적 방식은 궤간 변경 지점의 국경역에서 현재 널리 사용되고 있는 방 법이지만 자동궤간가변 장치와 비교하여 1일 처리 능력은 16% 수준에 불과하고, 궤간 변경 지점에 화물 환적을 위한 많은 추가적인 장비와 공간이 필요하며, 1435mm /1520mm 겸용 Trolly-Stand와 1435mm와 1520mm 궤도용 대차가 각 각 필요하다. 또한 교환 지점에서 많은 서비스 시간이 요구 됨에 따라 소요 화차수와 화차 회귀일이 자동궤간가변 대차 에 비하여 상대적으로 많이 요구되며, 운영 인력 측면에서 도 많은 인력이 요구되고 있다. 그러나 자동궤간가변 방식 은 환적 방식과 비교하여 기술적 지표에서 상대적인 많은 이 점을 가지고 있지만, 각 화차에 자동궤간가변 윤축을 장착 한 대차가 필요하며, 일반 대차에 비하여 초기 투자비용이 많이 소요되는 단점을 가지고 있으며, 유지보수 측면에서도 380 한국철도학회논문집 제17권 제5호(2014년 10월)

많은 비용이 소요된다.

본 논문에서는 기존의 경제성 평가 방법과는 달리 LCC 모델과 B/C 분석을 통하여 궤간변경 철도 수송 시스템에 대한 경제성 평가를 수행하였다. 분석 결과, 컨테이너 수송에서 궤간가변 방식이 환적방식에 비하여 경제성이 뛰어남을확인하였다. 또한 궤간가변장치를 이용한 컨테이너 수송의효율성은 수송거리가 짧을수록 그리고 궤간변경 지점이 많을수록 더욱 경제적임을 확인하였다.

# 후 기

"이 논문은 2013년도 한국교통대학교 교내학술 연구비의 지원을 받아 수행한 연구임"

# References

- S.H. Jang (2008) Technical Development of Variable Gauge Device, KRRI Report.
- [2] F. Ardiaca, V. Kinderis (2008) Interoperability Unit: Feasibility study for the EU 1520/1524 rail system interoperability, European Railway Agency.
- [3] H. Jurgen Geissle (2009) Results of Feasibility Study: Automatic Gauge Changeover Systems, UIC Seminar, Russia Sochi
- [4] M. Kanclerz (2007) Study on European Automatic Track Gauge Changeover Systems (ATGCS), Second International Seminar 1435/1520, UIC.
- [5] Y.S. Ham, J.N. Yoon (2003) International Development Direction of Variable Gauge Vehicles, *Proc. of Korean Society for Railway*, pp. 418-423.

- [6] H.S. Na et al. (2004) A Comparative Study of the Technical Characteristics of Variable-Gauge Systems, Proc. of Korean Society for Railway, pp. 63-69.
- [7] M. Szkoda, A. Tulecki (2008) Decision Model in Effectiveness of Europe-Asia Transportation Systems, WCRR, Seoul, Korea
- [8] A. Tuecki (1996) Technical organizational problems of gauge changes in the 1520/1435 European transport corridors East-West, Scientific Conference: The use of European transport corridors, Kielce-Cedzyna.
- [9] M. Szkoda (1995) Analysis of organizational and economic options for transportation of petroleum products on the railways with different gauge, Working group IPSz PK Poland.
- [10] K.W. Chung, C.S. Kim, S.H. Jang (2012) Technical Evaluation of Railway Transportation System with the Change of Gauge, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 13(5), pp. 1954-1962.
- [11] K.W. Chung, J.Y. An, C.S Kim, H.S. Na (2012) Effectiveness Evaluation of the Bogie Exchange and the Automatic Variable Gauge System Using LCC Analysis, *Journal of the Korean Society for Railway*, 15(4), pp. 334-342.

접수일(2014년 8월 20일), 게재확정일(2014년 9월 18일)

 $\textbf{Kwang Woo Chung}: ckw1201@\ ut.ac.kr$ 

Department of Railroad Operation System Engineering, Korea National University of Transportation, 157 Cheoldobangmulgwan-ro, Uiwang-si, Cyeonggi-do, 437-763, Korea(Uiwang Campus)