

안전재고의 경제적 품질결정에 관한 연구 철도차량부품을 중심으로

A Study of Determining the Economical Shortage Ratio for Safety Stock

—With Emphasis on the Rolling Stock Parts—

이 근 희*
이 승 구**

Abstract

Korean National Railroad(K.N.R) playing a important role in land transportation gives us many problems to solve considering proper management of National Budget and development of the state of operation by maintaining train parts rationally as public services.

According this study is to show the inventory provision system for deciding the safety inventory level as the better rational method.

Bibliography for this study is limited to only three Kinds of seven brakes-shoe which is produced by T workshop in Korean National Railroad.

To reduce the holding cost coming from the want of the stock and shortage cost of the stock expected. This study is to present a ratio of shortage on the stock permitted for the last definite period and the demand result forecast per month.

1. 서 론

대량수송의 중추적 역할을 담당하는 철도산업은 국가경영에 의한 공기업이긴하나 우리나라 대기업중의 하나이므로 기업경영방식에 의한 관리는 필연적이라 할 수 있다.

기업경영에 있어 자재조달에 소요되는 비용은 대단히 큰 비중을 차지하며, 철도는 매년 총 예산액의 약 28%를 전후한 막대한 자재를 구입하고 보관하며, 사용하고 있으므로 이 경비를 어떻게 감소시키느냐가 철도경영에 있어 실로 큰 과제라 아니할 수 없다.

기업의 목표가 궁극적으로 이윤의 극대화에 있다면, 이익향상을 자재관리면에서 구하는 데에는 두 가지 방향에 있을 것이다.

그 하나는 판매이익률을 크게 하기 위하여 제품원가의 절감, 특히 재료비의 합리적인 축소를 기도하는데 있고, 또 하나는 자본의 회전율을 신속하게 하기 위하여 재고관리의 합리적인 방법을 정하는 데 있다고 하

겠다. 그러므로 후자의 경우 저장품의 적정한 보유규모를 어떻게 유지하면 가장 경제적인 사용과 공급을 기할 수 있을 것인가를 목표로 정하여야 하며, 또한 개개품목의 재고량에 있어서도 발주비용, 재고관리비용 및 품질비용 등의 비용요소를 생각하여 가장 경제적인 규모로서 유지하며 운용하여야 할 것이다.

즉 기업에 있어서의 재고수준은 이러한 재고관련비용을 최소화시키는 데 목적이 있다. 적정 안전재고량을 보유함으로써 재고의 원활한 공급과 품질의 손실을 예방하는 동시에 과잉재고에서 발생하는 보관비용을 최소화시킬 수 있다.

그러나 우리나라 기업의 대부분은 적정안전재고량 결정에 있어서 상술한 과학적인 안전재고량 결정을 외면하고 단순한 재고량의 일정비율을 여분으로 보유하여 안전재고량으로 간주하고 있으며, 따라서 현재 시행하고 있는 안전재고량이 최적안전 재고량에 비해서 비용손실면에 있어서나 적정운영면에 있어서 어느정도의 손실을 초래하고 있는지 알지 못한 상태에서 운영되고 있다.

그러므로 본연구에 있어서는 특성의 철도차량부품에 대한 최적안전재고량의 확률수준(안전수준)을 결정하

*한양대 산업공학과 교수

**철도청 대전 정비창

접수: 1988. 5. 31.

는 동시에 충전방식과 비교하여 재고관련비용의 절감 방향을 제시하는데 목적을 둔다.

2. 안전재고의 이론적 고찰

2.1 안전재고의 의의

안전재고란 수요의 변동이나 수송의 지연 등으로 재고 고갈이 발생하여 지속적인 공급의 중단을 미리 방지하기 위한 예비적인 목적으로 추가로 보유하여야 할 재고를 말한다.

실제의 재고문제에서는 긴급사태, 기대치 못한 초과 수요, 조달기간의 변동 등에 대비하여 안전재고량을 확보하게 된다.

안전재고는 수요의 요구를 계속적으로 충족시킬 수 있도록 유지하여야 하며, 또 한편으로는 무제한의 재고량 확보로 인한 비경제성을 제거하여야 한다.

즉 적당한 수준의 안전재고를 설정하는 방법이 문제로 제기되어 안전재고량에 대한 재고보관비와 기대품질 손실비용을 어떻게 균형을 이룸으로써 총비용을 최소화시키느냐가 중요하다. 따라서 안전재고는 재고관련비용을 최소화하는 수준에서 결정되어야 한다.

2.2 안전재고의 결정요소

2.2.1 수요의 변동분포

안전수준은 수요의 변동분포에 따라 크게 달라진다. 즉 수요의 변동폭이 넓으면 넓을수록 예상외의 수요에 대비하기 위한량을 예측하기가 곤란하기 때문에 안전수준을 높여야 하며, 변동폭이 좁으면 좁을수록 안전수준을 적게 책정하게 된다.

어떤 경우에 안전수준을 얼마나 확보할 것인가 하는

문제는 수요의 반영상태와 그 품목의 긴급도를 감안하여 결정 되어야 한다.

2.2.2 공급의 변동분포

안전수준은 공급의 변동분포에 따라 서로 달라진다. 공급의 변동이란 납기 또는 수송의 지연이 추가되며 납기의 지연이나 수송의 지연이 발생할 경우에는 지연 시간중에 발생하는 수요를 충족시켜야 하기 때문에 안전수준이 확보되어야 하는 것이다.

2.2.3 적정재고수준

적정재고수준에는 운용수준과 이에 부가하여 설정되는 안전수준이 포함되어 있는 것이다. 따라서 안전수준량은 적정재고수준에서 결정된 수준을 초과할 수 없는 것이다.

2.3 안전재고의 산정방법

안전재고수준을 산정하는 방법에는 고정안전수준과 가변안전수준이 있으며, 각각의 산정방법은 다음과 같다.

2.3.1 고정안전 수준(Fixed Safety Level)

고정안전수준은 수요의 증감이 비교적 심하지 않으므로서 일정한 안전수준을 고정적으로 책정해 놓아도 재고고갈의 위험성이 없는 품목에 대해서 적용한다.

고정안전수준의 산정방법에는

$$B = X_{L, \max} - \bar{X}_L$$

$X_{L, \max}$: 일정도달기간의 최대수요

\bar{X}_L : 일정 도달기간의 평균수요

으로 표시된다.

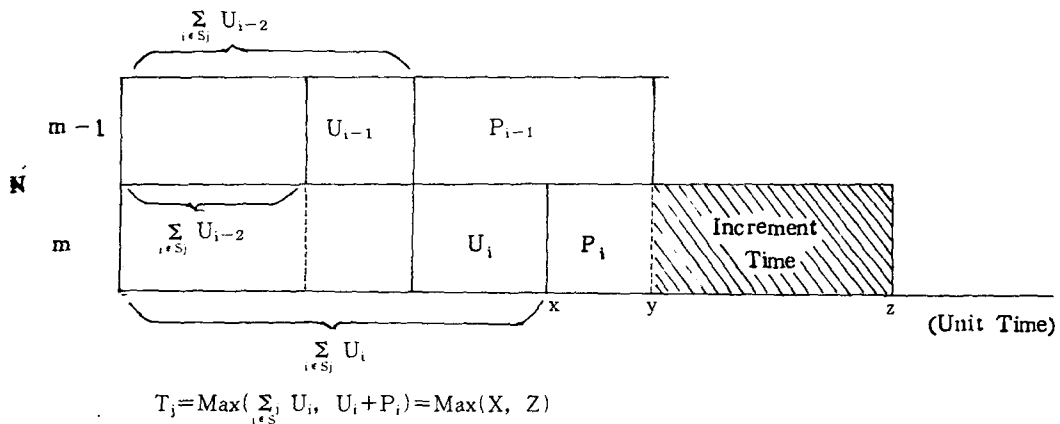


그림 1. 사이클 타임이 증가하는 경우의 예시

2.3.1 가변 안전 수준(Variable Safety Level)

가변안전수준이란 수요의 변동이나 공급의 변동에 적응하기 위하여 품목마다의 변동요인에 통계적 확률 이론을 적용시켜 안전수준을 설정하는 것을 말하며, 고정안전수준이 과거의 수요실적을 기준하여 안전수준을 사전에 설정하여 규정, 예규 등으로 정하여지는 것에 대하여 가변안전수준은 확률원칙에 입각하여 수요빈도, 재발주빈도, 평균발주량, 품목의 긴요도, 소요시간등을 현실적으로 분석하여 설정하는 안전수준을 말하는 것으로 설정방법에는 확률범칙에 따라 정규분포, Poisson분포, Gamma 함수분포 등 수요의 분포형태에 따라 3가지 방법이 있다.

정규분포는 연속형 확률변수의 분포중 가장 대표적인 유형으로 정규분포곡선에 의하여 가변안전수준을 설정할 수 있는 품목은 순환품목과 저장품목이다.

순환품목(Fast-Moving Item)이란, 재고회전을 즉, 수요빈도가 높은 품목을 말하며 저장품목이라 함은 수요빈도, 경제성 및 긴요도 등의 세가지 측면을 고려하

여 반드시 미리 확보하여 재고로 보유하고 있어야할 품목을 말한다.

정규분포곡선에서의 각 변량이 $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ 이라 할 때 산술평균치 $\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i$, 표준편차 $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N-1}}$ 으로 나타내며, 표준편차 σ 는 정규분포에서 산술평균을 중심으로한 표준편차 단위구간에 포함되는 상대도수가 일정한 값을 유지하고 있기 때문에 분포의 분산에 대한 척도로써 가장 널리 이용되고 있다.

정규분포곡선의 중앙인 평균치를 중심으로 좌와 우로 $\pm 1\sigma, \pm 2\sigma, \pm 3\sigma$ 등으로 구분했을 때, $\pm 1\sigma$ 의 확률범위는 68.26%, $\pm 2\sigma$ 의 확률범위는 95.45%, 그리고 $\pm 3\sigma$ 의 확률범위는 99.73%의 범위를 각각 나타낸다.

재고고갈방지 범위와 표준편차와의 관계는 Fig-2에서 표시하는 바와같이 평균치, 즉 '0'에 해당되는 범위는 중앙지점이므로 비율상으로는 50%가 되며, 이는 평균치에 해당되는 수요량을 재고로 확보하면 재고고갈을 50% 방지할 수 있다는 뜻이다.

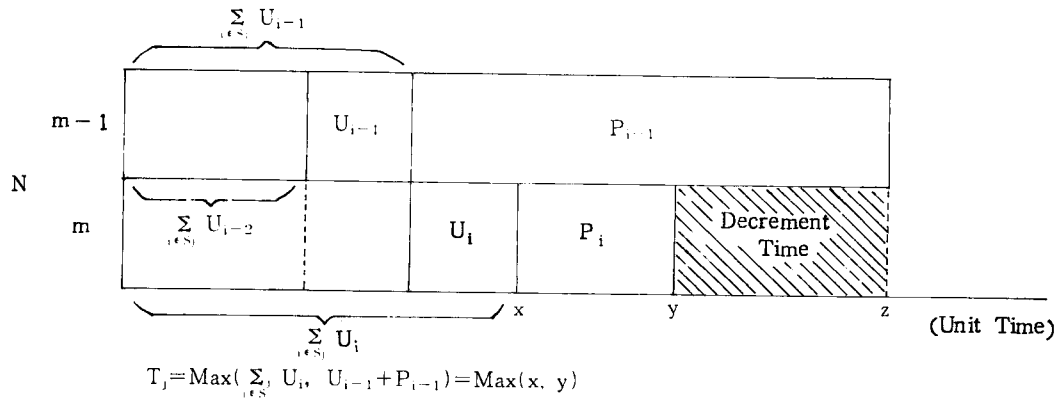


그림 2. 사이클 타임이 증가하지 않는 경우의 예시

따라서 평균치에는 1σ 에 해당되는 안전수준량만큼 증가확보하면 재고고갈은 50%에서 34.13%만큼 더 방지할 수 있게 되어 84.13%의 재고고갈을 방지할 수 있고, 2σ 만큼 더 증가시키면 97.72%, 3σ 의 경우는 거의 100%에 가까운 99.87%가 재고 고갈방지범위인 것이다.

안전계수(K)에 의한 안전수준을 산정하는 방법은,

$$SS = K \cdot \sigma \sqrt{L}$$

K : 안전계수

σ : 표준편차

L : 소요시간

으로 표시된다.

안전계수(K)는 재고고갈을 몇% 방지할 것인가에 따라 변동되는 것이다. 예를들면 95%의 재고고갈을 방지하고자 할 때에는 평균치 \bar{X} 를 기준하여 1.65σ 만큼 재고량을 증가시켜주면 되는 것이다.

3. 철도차량부품의 적정안전수준 결정

3.1 연구대상품목

육상교통의 수요수단으로서 철도차량은 여객 및 화물의 신속, 안전한 대량수송에 크게 이바지하고 있다. 철도차량에는 기관차·동차·객차·화차 및 발전차 등이 있으며, 오늘날에 있어서 수송량증대에 따른 국제철도의 신장과 전철화 및 고속화 등으로 눈부신 발전

을 이룩하였다.

K.N.R의 sub기관인 T정비창에서는 각종 철도차량의 주요 부품인 brake-shoe를 생산, 전국 철도에 공급하고 있다.

철도차량의 종류에 따라 brake-shoe는 01형에서 07형까지 7종류로 구분·생산되고 있으며 과거의 3년간의 수요실적을 기준하여 생산-공급하고 있는 실정으로 수요예측량과 실제수요량에서 오차가 발생되고 있다.

따라서 본연구에 있어서는 철도차량용 부품인 brake-shoe에 대한 효율적인 안전재고수준을 결정하기 위해 87년 월간 수요예측과 수요실적에 대한 분석으로 재고 과부족에서 발생하는 재고 보관비용과 품질손실을 최소로 줄이기 위한 안전재고 설정방안이 필요하다고 본다. 분석대상은 7종류의 brake-shoe중 01형, 03형, 05형의 3종류에 한하여 시행하고 본논문에서는 이들 3종류의 부품에 대해 각각 A, B, C부호로 대신하기로 했다. 각 부품별 지난 1년간(87년)의 수요예측량과 실수요 실적을 나타낸 것이 Table 1에 나타나 있다.

3.2 안전재고의 계산

실제의 재고문제에서는 긴급사태, 기대치 못한 초과수요, 조달기간의 변동 등에 대비하여 안전 재고량을 확보하게 된다.

본연구에 있어서는 품질에 대한 위험을 어느정도 받아들이고 안전재고량에 대한 재고보관비용과 기대품질손실비용을 어떻게 균형을 이룸으로써 총비용을 최소화시킬 것인가에 대해 적용하여 계산을 행하기로 한다.

$$SS = K \cdot \sigma \sqrt{L}$$

L : 조달기간(월)
 σ : 단위 기간당 수요의 표준편차
 K : 확률수준에 따르는 안전계수

생산 소요기간을 1개월로 하면 L=1이 되고 계산에

적용할 각 품질 허용범위는 아래와 같다.

품질률(%)	1	2.5	5	10	15	20	25
안전계수(K)	2.33	1.96	1.65	1.28	1.04	0.84	0.67

부품별 허용품질률에 따라 안전재고 산정식을 적용하여 월별 안전재고량을 산출한다. T정비창에서는 이들 부품에 대해 재고보관비용으로 제품단위당, 단위기간당(년) 제조원가의 3%를 고려하고 있으며 품질로 인한 재고부족비로는 제품단위당 제조원가의 50%를 반영하고 있다. 또한 이들 부품은 자체생산하여 공급하는 실정으로 발주비는 없는 것으로 간주한다. 즉, 연간 총보관비용 및 품질비용을 다음 식에 따라서 계산하였다.

$$C_H = I_H \times C_p \times 0.03$$

$$C_S = I_S \times C_p \times 0.5$$

$$C_T = C_H + C_S$$

여기서

- C_H : 연간 총보관비용
- C_S : 연간 총품질비용
- C_T : 연간 총재고비용
- I_H : 연간 총재고량
- I_S : 연간 총품질량
- C_P : 생산원가/EA를 의미한다.

각 부품별 개당 제조원가는 아래와 같다.

Items	A	B	C
C _P /EA	₩4,010	₩7,800	₩5,930

*자료 : K.N.R 87. 경영분석 현황

각 품질확률로 인한 비용손실 계산결과는 Table 2, 3, 4에 나타내주고 있다.

Fig 3, 4, 5, Table 2, 3, 4의 계산결과 부품별 허용품질확률에 따른 재고보관비용과 기대품질손실비용으로 구분하여 전체적인 비용곡선을 나타내고 있다.

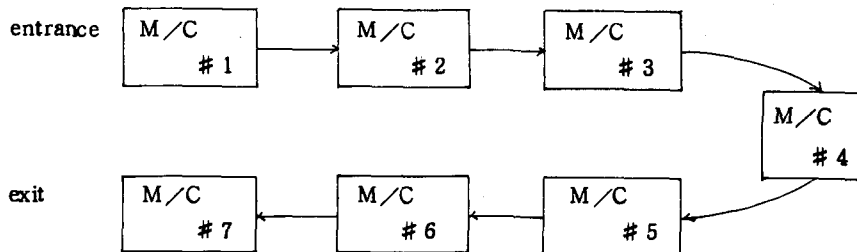


그림 3. 적용예제의 공정배치 상황

Table 1. Items demand status per month (unit : 1,000EA)

Item	Month	1987												σ_i
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A	Forecasting	56	57	60	64	57	55	67	53	80	48	41	67	9.12
	Demand	58	52	56	72	71	50	64	54	72	47	51	65	
	Shortage	-2			-8	-14			-1			-10		
B	Forecasting	10	8	6	10	10	13	12	9	18	5	12	13	4.36
	Demand	5	11	10	7	17	7	6	11	17	5	10	15	
	Shortage		-3	-4		-7			-2			-2		
C	Forecasting	13	16	12	19	13	21	23	19	14	17	23	10	2.93
	Demand	12	16	15	16	17	15	15	21	21	15	13	20	
	Shortage			-3		-4			-2	-7			-10	

Note : $\hat{\sigma}_i = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$

Table 2. The loss of cost computation "A" item. (unit : 1,000EA, W 100,000)

α (%)	Month K S	1987												stock/Y		cost/Y			opt's	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I_H	I_S	C_H	C_S	C_T		
		-2	5	4	-8	-14	5	3	-1	8	1	-10	5	.31	-35	4	70	74		
1	2.33	22	20	27	26	14	8	27	25	21	30	23	12	27	260	0	31	0	31	*
2.5	1.96	18	16	23	22	10	4	2	21	17	26	19	8	23	191	0	23	0	23	
5	1.65	15	13	20	19	7	1	20	18	14	23	16	5	20	176	0	21	0	21	
10	1.28	12	10	17	16	4	-2	17	15	11	20	13	2	17	142	-2	16	4	20	
15	1.04	10	8	15	14	2	-4	15	13	9	18	11	0	15	120	-4	14	8	22	
20	0.84	8	8	13	12	0	-6	13	11	7	16	9	-2	13	100	-8	12	16	28	
25	0.67	6	4	11	10	-2	-8	11	9	5	14	7	-4	11	82	-14	10	28	38	

Table 3. The loss of cost computation "B" item. (unit : 1,000EA, W 100,000)

α (%)	Month K S	1987												stock/Y		cost/Y			opt's	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I_H	I_S	C_H	C_S	C_T		
		5	-3	-4	3	-7	6	6	-2	1	0	2	-2	23	-18	5	70	75		
1	2.33	10	15	7	6	13	3	16	16	8	11	10	12	8	125	0	29	0	29	*
2.5	1.96	9	14	6	5	12	2	15	15	7	10	9	11	7	113	0	26	0	26	
5	1.65	7	12	4	3	10	0	13	13	5	8	7	9	5	89	0	21	0	21	
10	1.28	6	11	3	2	9	-1	12	12	4	7	6	8	4	78	-1	18	4	22	
15	1.04	5	10	2	1	8	-2	11	11	3	6	5	7	3	67	-2	16	8	24	
20	0.84	4	9	1	0	7	-3	10	10	2	5	4	6	2	56	-3	13	12	25	
25	0.67	3	8	0	-1	6	-4	9	9	1	4	3	5	1	46	-5	11	20	31	

Table 4. The loss of cost computation "C" item. (unit : 1,000EA, W 100,000)

α (%)	Month		1987												stock/Y		cost/Y			opt's
	K	S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	I_H	I_S	C_H	C_S	C_T	
			1	0	-3	3	-4	6	8	-2	-7	2	10	-10	30	-26	5	77	82	
1	2.33	7	8	7	4	10	3	13	15	5	0	9	17	-3	91	-3	16	9	25	
2.5	1.96	6	7	6	3	9	2	12	14	4	-1	8	16	-4	81	-5	14	15	29	
5	1.65	5	6	5	2	8	1	11	13	3	-2	7	15	-5	71	-7	13	21	34	
10	1.28	4	5	4	1	7	0	10	12	2	-3	6	14	-6	61	-9	11	27	38	
15	1.04	3	4	3	0	6	-1	9	11	1	-4	5	13	-7	52	-13	9	39	43	
20	0.84	2	3	2	-1	5	-2	8	10	0	-5	4	12	-8	44	-16	8	47	55	
25	0.67	2	3	2	-1	5	-2	8	10	0	-5	4	12	-8	44	-16	8	47	55	

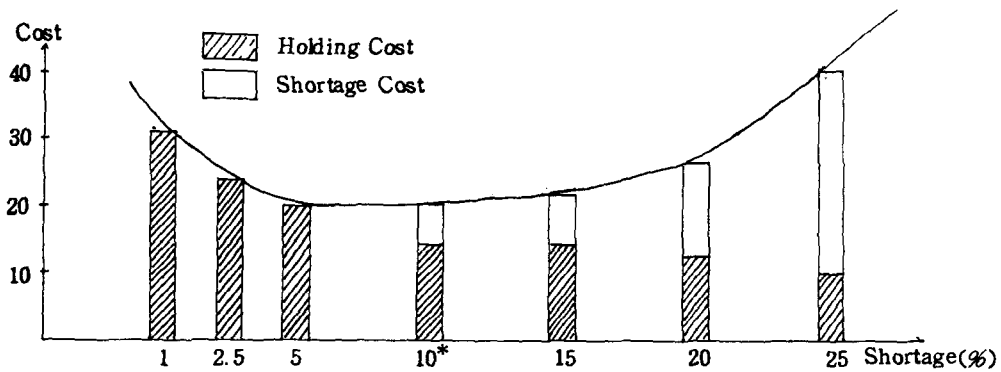


Fig 3. The total cost curve for item "A"

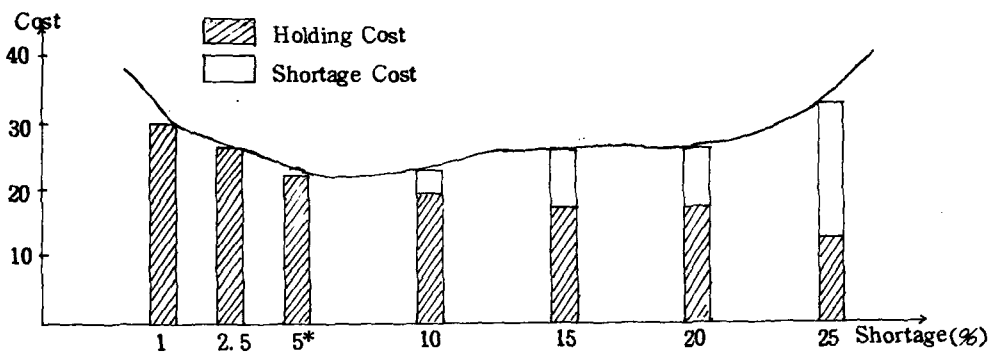


Fig 4. The total cost curve for item "B"

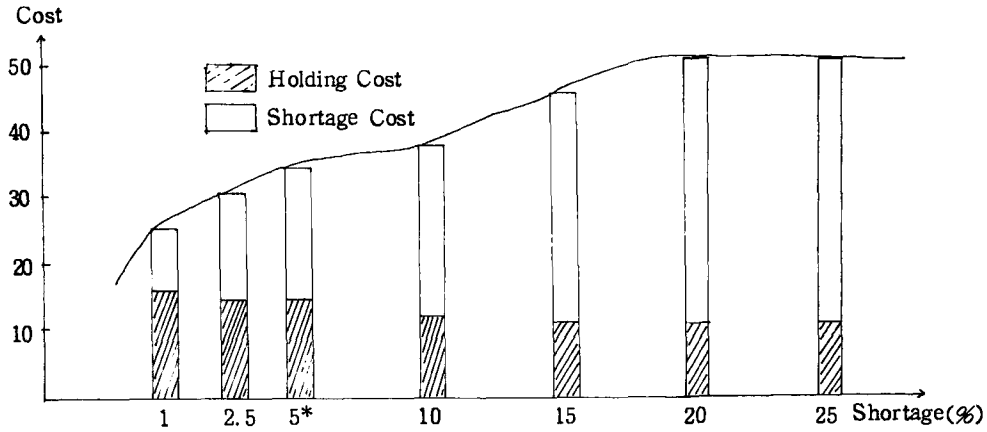


Fig 5. The total cost curve for item "C"

3.3 최적안전 재고량의 경제성 비교

부품별 재고 과부족으로 인한 손실비용을 계산한 결과 'A'부품에서는 안전재고의 품질확률이 10%일 때 비용이 최소가 됨을 알 수 있고, 'B'부품에서는 5%, 'C'부품에서는 1%일 때 각 부품별 경제적인 재고관련비용이 산출되었다.

또한 각 부품별 기존의 수요 예측량과 실제 수요실적에서 발생된 재고 과부족으로 인한 손실발생비용(PLC)을 최적의 손실발생비용(OLC)과 비교하면 Table 5와 Fig 6에서와 같이 나타내고 있다. 'A'부품

의 경우 보관비용과 손실비용을 합한 현재의 총손실비용(PLC)이 ₩7,400,000인데 비하여 최적허용품질률 10%를 적용한 결과 적정손실비용(OLC)은 ₩2,000,000으로 나타나 약 ₩5,400,000의 손실을 방지할 수가 있었다.

이것은 자료산출년도의 월별 데이터를 기준으로 했을 경우에 한하며 부품별 수요예측방법 및 생산량과 수요실적이 변화된다면 경제적인 허용품질률과 재고관리비용도 달라질 수 있다.

Table 5. Comparative PLC with OLC per year.

Item	PLC / Y			OLC / Y			difference			Optimal Shortage (%)
	C _H	C _S	C _T	C _H	C _S	C _T	C _H	C _S	C _T	
A	4	70	74	16	4	20	12	-66	-54	10
B	5	70	75	21	0	21	16	-70	-54	5
C	5	77	82	16	9	25	11	-68	-57	1
Total	14	217	231	53	13	66	39	-204	-165	

(Unit : ₩ 100,000)

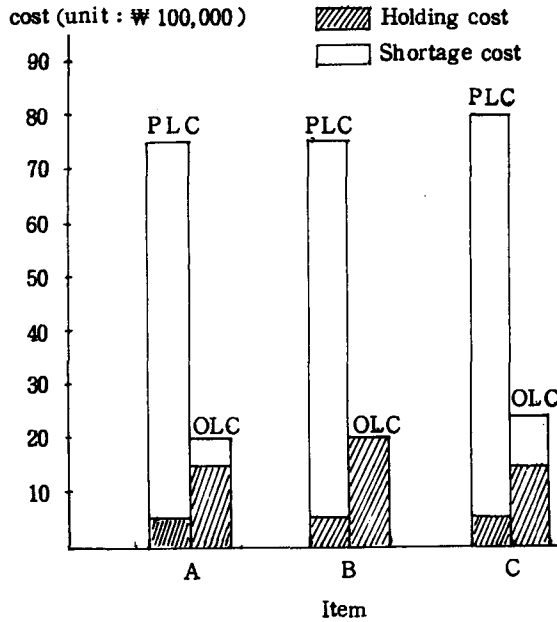


Fig 6. Comparative PLC with OLC per year.

4. 결 론

철도차량부품의 안전재고를 설정하는 데 있어 경제적인 허용품절률을 결정하는 문제는 부품의 특성 및 수요분포 그리고 생산공정상의 특성에 따라 모두 다르겠지만 본연구에서는 특정부품 일부만의 기초산출년도 수요예측량과 실제수요가 정규분포를 한다는 가정하에 경제적 허용품절률을 결정하는 문제만을 다루었다.

현재 K.N.R의 안전재고에 대한 설정은 본논문에서 제시한 수리공학적인 방법을 외면하고, 단순한 재고량의 일정비율 여부를 보유하고 있는 설정에서 운영되고

있다. 이러한 현재의 안전재고량이 최적 안전재고량에 비해서 어느정도의 손실을 초래하고 있는지 알지 못한 상태에서 본연구는 최적안전재고 설정기준을 위해 재고관련비용을 산출, 비교하므로써 부품에 대한 경제적인 허용품절률을 제시하였다는 것에 의의가 있다.

따라서 본논문에서 제시한 경제적인 허용품절률을 실무에 적용하기 위해서는 대상부품의 수요예측오차를 줄이기 위한 과학적인 예측방법과 공급수준에 따른 변화, 자료산출기간의 선정기준 등이 추가로 검토·보완되어 전산처리가 이루어져야 한다는 문제가 남아 있다.

이상과 같은 문제가 해결되고나서 실무에 적용할 수 있게 될 때 종전방식에 따른 안전재고량 설정에 비해 비용손실면에서나 적정운영면에서 막대한 예산의 절감을 기할 수 있으리라 기대된다.

참 고 문 헌

- 1) 박재홍, 생산관리, 서울, 무역경영사, 1983.
- 2) 김기영, 생산관리, 서울, 법문사, 1981
- 3) 이근희, 신공정관리, 서울, 창지사, 1982
- 4) 김만식, OPERATION RESEARCH이론, 서울, 회중당, 1987
- 5) 김만식, 재고시스템, 서울, 회중당, 1985
- 6) 이순요, 신공정관리론, 서울, 박영사, 1983
- 7) 이윤재, 자재관리, 서울, 법원사, 1987
- 8) K.N.R 적정 재고수준 책정, 서울, 1987
- 9) 유동선, OR개론, 서울, 동명사, 1982
- 10) Eliezer Naddor. *Inventory system*. New York, 1966.
- 11) Magee, John F.. *Production Planning and Inventory Control*, McGraw-Hill, New York, 1958.
- 12) Mills, Edward S.. *Price, output, and Inventory Policy*, John wiley and sons, New York, 1962.