▨ 응용논문

제조생산공정의 경제적 샘플링 검사방식 설계

A Design of Sampling Inspection Plan
for Single Manufacturing Production Process

서 경범*
Suh Kyung Bum*
박 명규**
Park Myeong Kyu**

ABSTRACT

In this study, a traditional concept of sampling inspection plan for the quality assurance system is extended to a consideration of economic aspects in total production system by representing and analyzing the effects between proceding/
succeeding production process including inspection. This approach recognizes that the decision to be made at one manufacturing process (or assembly process) determine not only the cost and the average outgoing quality level of that process but also the input parameters of the cost and the incoming quality to the succeeding process.

By analyzing the effects of the average incoming and outgoing quality, manufacturing/ assembly quality level and sampling inspection plan on the production system, mathematical models and solution technique to minimize the total production cost for a single product manufacturing system with specified average outgoing quality limit (AOQL) are suggested.

1. 서론

현대의 기계화 대량생산이나 자동화생산에서 자동계측장비에 의하여 제품의 전수검사방법이 가능하고 불량품관리가 PPM단위로 되어가고 있어 샘플링검사가 불필요하다고 주장하는 연구자들도 많다.

그러나 실제적으로는 전수검사방식적용이 불가능하여 샘플링검사방식을 채택하는 생산 현장이 많은 것으로 생각된다.

현실적으로 샘플링검사방식적용에 있어서 연속생산공정형태인 경우에는 로트의 선별형 샘플링검사방식적용이 품질보증방법으로는 보다 좋을 뿐만 아니라 생산자에게도 많은 이점이 있다. 그러나 Dodge, H. F.와 Romig, H. G.의 샘플링검사방법연구 이후 현재까지 선별형이 검사방식으로 많은 연구가 되어 왔으나 연속생산형태에서 발생하는 공정평균불량율이 일정할 때 평균출검품질한계 (AOQL)를 만족하는 샘플링검사방식만을 사용하였다.

---

* 명지대학교 대학원 산업공학과, 인덕대학 공업경영과
** 명지대학교 산업공학과
*** 이 연구는 인덕대학 학술연구비 일부 지원에 의하여 수행하였습니다.

본 연구에서는 최종생산된 제품에 대하여 평균출검품질한계가 제시된 조건하에서 생산공정(검사, 가공 또는 조립공정)에서 발생하는 불량률을 결정변수로하여 생산시스템 전체의 비용을 최소화하는 경제적 샘플링검사방식을 설계하고자 한다.

2. 샘플링검사방식의 이론적 고찰

2.1 최소비용의 샘플링검사방식

총검사비용을 최소화시키는 샘플링검사방식은 평균검사량을 최소화시키는 방법보다 훨씬 더 복잡한 문제이다. 이러한 샘플링검사방식은 일반적으로 특정한 평균출검품질한계에서 검사비용을 최소화시키는 방법에 국한되었고, 샘플링검사방식은 일반적으로 시료의 크기 n과 합격판정개수 c를 결정할 때 검사비용을 최소화시키려고 하였다.

1951년 Sittig, J.[1]는 샘플링검사방식 수립 시 최초로 경제성의 개념을 도입한 연구자중의 한 사람으로서 그는 샘플링검사방식을 유지함에 있어서 수반되는 위험비용과 검사량에 대한 비용을 최소화시키려 하였다.

2.2 연속생산공정의 샘플링검사방식

1964년 Beightler, S.와 Mitten, L. G[2]는 순서적으로 배치된 품질검사공정(Quality Control Station)사이에서 발생하는 공정의 분석을 통하여 전후 2 검사공정에서 서로의 영향을 고려한 수학적 모델을 설명하였으며, 이 경우 각 검사공정은 확률행열로 표현하였다. 또한 각 검사단계에서 발생하는 검사비용과 다음 검사단계에서 발생하는 검사비용그리고 그 다음 검사단계로 이전되는 불량품으로 인하여 발생하는 비용으로 구성된 비용행열을 도출하였다. 총 기대검사체계비용을 하나의 행렬함수로 표현함으로써 제시된 평균 수입로트의 확률벡터에 대한 더 좋은 샘플링검사방식을 수입하기 위하여 그라디엔트기법(Gradient Technique)을 사용하였다. 상기 행렬함수인 연속생산공정모델의 해법으로 마코브 과정(Markov Process)을 이용한 수리해석 방법을 사용하여 연속생산공정에 대한 샘플링검사방식을 수립하였다.

3. 생산시스템의 최소비용모델

3.1 검사공정의 최소비용함수

$f^*(p_I)$를 검사공정에 투입되는 투입품질 p_I를 갖는 최소기대투입비용이라고 하면 검사공정단계의 최소비용 $f^*(AOQ)$는 식 (3.1)과 같고 검사공정의 후속작업공정에 투입되는 재공품의 품질수준은 평균출검품질 (AOQ)와 같다.

$$f^*(AOQ) = \mathrm{Min}(k_1 + k_2 \cdot p_I) \cdot ATI + f^*(p_I) \qquad (3.1)$$

여기서 로트가 합격할 확률 p_a는 이항분포의 포아송근사법을 이용하면 평균출검품질 (AOQ) 는 식(3.2)과 같다.

$$AOQ = \left[\sum_{x=0}^{c} e^{-n \cdot p_I} \cdot (n \cdot p_I)^x / X! \right] \cdot P_I \cdot (N - n) / N \qquad (3.2)$$

3. 2 생산공정의 최소비용함수

생산공정이 최소비용함수 $f^*(p_T)$로 투입부품결합불량률 P_{AI}로 표시된 식(3.3)이 목적함수가 된다.

$$f^*(p_T) = \text{Min } k_5 N + f^*(p_{AI}) \tag{3.3}$$

단, $p_{AI} = 1 - \prod_{x=1}^{m}(1-p_{I,x})$

$$p_T = p_{AI} + p_p - p_{AI} \cdot P_P$$

$$f^*(p_{AI}) = \text{Min} \sum_{x=1}^{m} f^*(p_{I,x})$$

3.3 생산시스템의 최소비용 모델

전술한 식(3.1), 식(3.2) 및 식(3.3)을 이용하여 생산시스템에 대한 최소비용함수 $f^*(AOQ)$를 쓰면 식(3.4)과 같다.

$$f^*(AOQ) = \text{Min}\,[\text{생산시스템의 총비용}]\ (p_{I,i}, n_i, c_i, p_{pi}) = \text{Min}\,[\text{재료비} + \text{검사비} + \text{불량품 보수}\ (p_{I,i}, n_i, c_i, p_{pi}) \text{ 및 교환비+가공/조립비용}] \tag{3.4}$$

식 (3.4) 비용함수의 최소치를 동적계획법에 의해 해를 구하기 위한 식으로 나타내면 식 (3.5)가 되며 아래의 제한조건하에서 최적해를 구하는 것이 된다. 그리고 여기서 $f^*_{i-1}(P_T)$는 전 단계에서 구한 최소비용이다.

$$f^*(AOQ) = \text{Min}\{[k_4 \cdot N + (k_{1,i} + k_{2,i} \cdot p_{I,i}) \cdot ATI_i(p_{I,i}, n_i, c_i, p_{pi}) + (k_{3,i} + k_{5,i}) \cdot N] + f^*_{(i-1)}(p_T)\} \tag{3.5}$$

식 (3.5)에서 사용된 기호와 식은 다음을 의미한다.

i = 생산공정번호

① i 가 검사공정일 때, $k_{3,i} = k_{5,i} = 0$;

$k_{1,i}$: 검사공정 i에서의 검사비 / 개

$k_{2,i}$: 검사공정 i에서의 불량품 보수 및 교환비/개

② i가 가공 / 조립공정일 때, $k_{1,i} = k_{2,i} = 0$;

$k_{3,i}$: 가공 / 조립공정 i에서 변환비용 / 개

$k_{5,i}$: 가공 / 조립공정 i에서 조립비용 / 개

k_4 : 원재료비 / 개

③ $ATI_i = n_i + (N - n_i)(1-P_a)$

$n_i = (y_i \cdot N) / (N \cdot AOQL + y_i)$

y_i = c_i 에 따라 결정되는 값 (부록 2 참조)

여기서 생산시스템은 검사와 가공/ 조립공정으로 반복 구성되어 있을 뿐만 아니라 연속변수인 p_p, p_I, p_T, AOQ를 가지며 샘플링검사계획(n, c)는 정수를 요구하므로 비용함수 $f^*(AOQ)$는 일반 수리해법으로 구하기 쉽지 않기 때문에 생산시스템비용을 최소화하기 위한 풀이법으로 동적계획법을 사용하여 평균출검품질한계(AOQL)의 제약조건을 충족시키는 샘플링검사방식수립방법을 제안하였다.

4. 수치예

사례생산시스템에서 이 시스템의 최종생산제품을 평균출검품질한계(AOQL) 5%로 품질보증을 하고자 할 때 본 논문에서 제시한 방법에 따라 전체시스템의 경제적 샘플링검사방식을 수립하기 위하여 다음과 같은 데이터를 이용하여 전체시스템에 대한 샘플링검사방식을 각 생산공정 단계별로 검토하여 보기로 하자.

로트의 크기 N=1,000 개
원재료 검사단계 $k_{1,1}$ = 50 원/개
$k_{2,1}$ = 150 원/개
$k_4 = 0.6/p_1 + 600$ 원/개
가공공정 $k_{3,2} = 1.8/p_p + 900$ 원/개
최종검사 $k_{1,3}$ = 200 원/개
$k_{2,3}$ = 200 원/개

① 원재료 검사단계의 비용

검사공정에서의 최소기대출하비용 $f^*_1(AOQ)$은 다음 식(4.1)과 같다.

$$f^*_1(AOQ) = \text{Min}\{(k_{1,1} + k_{2,1} \cdot p_1)\ ATI(1) + k_4 \cdot N\}$$
$$= \text{Min}\{(50+150 \cdot p_1)\ ATI(1) + (0.6/p_1+600) \cdot 1000\} \quad (4.1)$$

검사공정에서의 AOQL이 주어지면 합격판정개수 c에 따라 y값이 決定되므로 시료크기 n_1은 다음 식을 이용하여 계산할 수 있다.

$$n_1 = (y \cdot N) / N \cdot AOQL + y$$

그러므로 제시된 AOQL이 여러 가지 일 때의 샘플링검사계획(n_1, c_1)에 대하여 p_1에 따른 평균출검품질 AOQ를 구할 수 있으므로 최소평균출하비용 $f^*_1(AOQ)$를 찾을 수 있다.

그러므로 $f^*AOQ(INS)$의 값을 컴퓨터로 계산하여 결과를 보이면 (표4.1)과 이것을 가능해 범위내의 평균출검품질한계(AOQL)에 대하여 최소비용을 갖는 예상 원재료불량률 P_1 및 평균출검품질(AOQ)을 정리하면 (표4.2)과 같다.

(표 4.1) 원재료 검사단계의 최소비용의 예

AOQL	p_1	c	n	ATI	$f^*(AOQ)$	AOQ
0.01	0.01	2	120	226.0	671642	0.00774
	0.02	1	77	497.4	656362	0.01005
	0.03	0	35	662.3	656095	0.01013
	0.04	0	35	762.0	657673	0.00952
	0.05	0	35	832.3	659858	0.00838
0.02	0.01	2	64	89.5	664609	0.00910
	0.02	4	112	180.2	639554	0.01639
	0.03	5	136	332.5	638124	0.02002
	0.04	1	40	496.0	642779	0.02016
	0.05	0	18	600.7	646543	0.01996
0.03	0.01	2	43	52.2	662689	0.00948
	0.02	3	60	91.7	634862	0.01817
	0.03	5	95	157.9	628608	0.02526
	0.04	6	112	259.7	629546	0.02961
	0.05	2	43	391.2	634494	0.03044

(표 4.2) 원재료 검사단계의 최소비용 검사방식

AOQL	p_1	c	n	ATI	檢査費	材料費	f^*(AOQ)	AOQ
0.01	0.03	0	35	662.3	36096	620000	656095	0.01013
0.02	0.03	5	136	332.5	18124	620000	638124	0.02002
0.03	0.03	5	95	157.9	8608	620000	628608	0.02526
0.04	0.04	5	73	143.5	8036	615000	623036	0.03426
0.05	0.05	6	70	130.7	7516	612000	619516	0.04346
0.06	0.05	6	59	88.2	5072	612000	617072	0.04559
0.07	0.06	6	51	85.7	5059	610000	615059	0.05485
0.08	0.07	7	52	82.8	5011	608571	613582	0.06420
0.09	0.07	6	40	63.4	3837	608571	612409	0.06556
0.10	0.08	7	42	62.8	3893	607500	611393	0.07498

② 생산공정의 비용

p_T의 변화에 따라 원재료검사 후 평균출검품질 AOQ와 가공불량률 p_p의 결합확률에 의한 가공공정단계의 최소비용 $f^*(p_T)$는 다음 식 (4.2)와 같이 표시된다.

$$f^*(p_T) = \text{Min}\{k_{3,2} \cdot N + f^*_1(AOQ)\}$$
$$= \text{Min}\{(1.8/p_p + 900) \cdot 1000 + f^*_1(AOQ)\} \quad (4.2)$$

$f^*(p_T)$의 값의 컴퓨터 계산결과는 (표4.3)와 같고 변화되는 P_T에 따른 검사공정으로부터 투입된 품질로서 AOQ와 가공예상불량률 P_P의 조합에 의한 최소비용의 종합은 (표 4.4)와 같다.

③ 최종제품 검사단계에서의 비용

최종제품의 샘플링검사에서는 AOQ≤AOQL=0.05의 제약조건을 만족하는 최소기대비용함수 $f^*(AOQ \le AOQL)$은 다음 식 (4.3)과 같이 되므로 원재료 검사단계의 계산절차와 같게 된다.

$$f^*(AOQ) = \text{Min}\{(k_{1,3} + k_{2,3} \cdot p_T)\, ATI(2) + f^*_2(p_T)\}$$
$$= \text{Min}\{(200 + 200 \cdot p_T) ATI(2) + f^*_2(p_T)\} \quad (4.3)$$

그러므로 규정된 제약조건인 AOQL=5%를 만족시키는 선행단계로부터 투입되는 품질수준 p_T에 대한 최소비용을 컴퓨터로 계산하면 (표 4.5)가 되고 AOQL을 만족하는 p_T에 대한 최소비용을 정리하면 (표 4.6)과 같다.

5. 결론

컴퓨터 계산결과를 종합한 계산선별형 샘플링검사방식의 수립절차는 최소생산비용을 찾아서 역순으로 원재료 검사단계까지 후진하면 된다. (표 4.6)로부터 규정된 AOQL=5%를 만족하고 p_T = 0.06일 때 최종단계샘플링검사방식은 n=70, c=6이고 비용은 1,620,085.87원이 되며 로트의

평균출검품질(AOQ)은 0.048이 되어 AOQL=5%를 충족시킨다. 최종검사단계의 투입불량률이 p_T = 0.06이므로 (표 4.4)에서 p_T = 0.06일 때 가공작업불량일표는 0.0356, 선행공정으로부터 투입되는 불량률(여기서는 AOQ)은 0.02526이고 이 경우의 가공비는 950,506.81원이 되며 p_T = 0.06일 때 이 단계의 최소비용은 1,579,115원이 된다.

사례의 경우 생산시스템의 최초원재료검사단계에 대하여는 가공단계의 투입불량률=(원자재검사의 AOQ)이 0.02526이므로 최초원재료검사 후 평균출검품질(AOQ)이 0.02526이하가 되어야 하는데 (표 4.2)에서 구득원료에 대한 평균출검품질한계(AOQL)는 0.03일 때 원요의 공정평균불량률은 0.03이 되어야 한다.

원재료검사 경우의 샘플링검사계획은 n=95, c=5가 되고, 최소비용은 628,608.1원이 된다. 기존의 연구에서 소비자보호를 위한 품질보증시스템의 계수샘플링방법에서 계수규준형과 계수선별형 샘플링방식 중 계수선별형 샘플링방식을 적용하여 왔으나 이 방식적용에 있어 최적샘플링검사방식 설계에는 평균검사량(ATI)의 계산만으로 샘플링검사방식을 수립하여 사용하여 왔다 또한 샘플링방식 적용에 있어서도 생산공정에서 제조 완성된 제품의 일정한 크기의 로트가 형성되었을 때 이 로트의 공정평균불량률을 알고 있거나 추정이 가능할 때 사용되었다.

(표 4.3) 가공단계 최소비용의 계산예

p_T	AOQ	p_p	f^*(AOQ)	加工費	$f^*(p_T)$
0.02	0.01013	0.00997	656095	1080536	1736631
0.03	0.01013	0.02007	656095	989674	1645770
	0.02002	0.01018	638124	1076808	1714932
	0.02526	0.00486	628608	1270273	1898882
0.04	0.01013	0.03017	656095	959652	1615747
	0.02002	0.02038	638124	988300	1626425
	0.02526	0.01512	628608	1019044	1647652
0.05	0.01013	0.03017	656095	959652	1615747
	0.02002	0.03058	638124	958844	1596968
	0.02526	0.02538	628608	970923	1599531
	0.03425	0.01629	623036	1010436	1633473
0.06	0.01013	0.05038	656095	935728	1591824
	0.02002	0.04079	638124	944124	1582248
	0.02526	0.03563	628608	950506	1579115
	0.03425	0.02665	623036	967532	1590569
	0.04346	0.01728	619516	1163431	1782948
0.07	0.01013	0.06048	656095	929760	1585856
	0.02002	0.05099	638124	935295	1573419
	0.02526	0.04589	628608	939217	1567825
	0.03425	0.03700	623036	948637	1571674
	0.04346	0.02774	619516	964884	1584400
0.08	0.01013	0.07058	656095	925501	1581597
	0.02002	0.06120	638124	929410	1567534
	0.02526	0.05615	628608	932052	1560661
	0.03425	0.04736	623036	938004	1561041
	0.04346	0.03819	619516	947125	1566641

(표 4.4) 가공단계의 최소비용

p_T	AOQ	p_p	f^*(AOQ)	加工費	$f^*(p_T)$
0.02	0.01013	0.00997	656095	1080536	1736631
0.03	0.01013	0.02007	656095	989674	1645770
0.04	0.01013	0.03017	656095	959652	1615747
0.05	0.02002	0.03058	638124	958844	1596968
0.06	0.02526	0.03563	628608	950506	1579115
0.07	0.02526	0.04589	628608	939217	1567825
0.08	0.02526	0.05615	628608	932052	1560661
0.09	0.03425	0.05771	623036	931186	1554222
0.10	0.03425	0.06807	623036	926442	1549479

(표 4.5) 최종검사단계의 최소비용예

AOQL	p_T	c	n	ATI	檢査費	$f^*(p_T)$	總費用
0.05	0.02	0	7	136.7	27892	1736631	1764524
		1	16	56.8	11591	1736631	1748223
		2	26	41.5	8473	1736631	1745105
		3	37	43.7	8916	1736631	1745548
		4	48	50.9	10390	1736631	1747022
	0.03	0	7	195.0	40188	1645770	1685958
		1	16	98.8	20363	1645770	1666133
		2	26	69.4	14302	1645770	1660072
		3	37	62.5	12876	1645770	1658646
		4	48	63.1	13004	1645770	1658774
		5	59	68.0	14018	1645770	1659788

(표 4.6) 최소비용검사방식 (AOQL 5%)

AOQL	p_T	c	n	ATI	檢査費	$f^*(p_T)$	總費用	AOQ
0.05	0.02	2	26	41.5	8473	1736631	1745105	0.01917
	0.03	3	37	62.5	12876	1645770	1658646	0.02812
	0.04	5	59	90.3	18793	1615747	1634540	0.03639
	0.05	6	70	130.7	27450	1596968	1624419	0.04346
	0.06	6	70	193.2	40970	1579115	1620085	0.04840
	0.07	6	70	277.7	59430	1567825	1627255	0.05056
	0.08	2	26	361.9	78191	1560661	1638852	0.05104
	0.09	1	16	431.1	93989	1554222	1647911	0.05120
	0.10	1	16	483.4	106362	1548645	1655009	0.05165

본 연구에서는 제품생산시스템 전체를 대상으로 생산활동이 반복되는 공정단계, 검사단계와 가공/조립단계로 구분하여 각 단계의 불량발생과 비용을 분석하여 최종제품에 대하여 완성제품의 로트에 대한 평균출검품질 한계가 주어졌을 때 원재료검사방식으로부터 各 생산공정에서 불량발생을 통제 가능할 수 있도록 전체시스템에 적용 가능한 최소비용의 샘플링검사방식의 수립방법을 제시하였다.

(부록 1) 본 연구에 사용되는 용어 및 기호를 다음과 같이 정의한다.

N ; 로트의 크기

n ; 시료의 크기

c ; 합격판정개수

p_I ; 수입 / 투입평균불량률

p_T ; 출하평균불량률

p_{AI} ; 조립공정의 결합 / 투입평균불량률

p_P ; 가공 / 조립평균불량률

$p_{I.X}$; 조립부품 x의 평균불량률

P_a ; 로트의 합격확률

AOQ ; 평균출검품질(Average Outgoing Quality)

$AOQL$; 평균출검품질한계(Average Outgoing Quality Limit)

p_M ; $AOQL$일때의 투입평균불량률

k_1 ; 개당 검사비

k_2 ; 개당수리 및 교체비용

k_3 ; 개당 변환비용

k_4 ; 개당 원재료비

k_5 ; 개당 조립비용

a ; 가공평균불량률 p_P를 유지하기 위한 기본비용

b ; 가공작업기본비용

γ ; 조립평균불량률 p_P를 유지하기 위한 기본비용

δ ; 조립작업기본비용

$K_{INS.}$; 검사비용

$K_{REP.}$; 수리 및 교체비용

TC_A ; 조립단계비용 $(k_5 \cdot N)$

$TC_{INS.}$; 검사공정단계비용 $(K_{INS.} + K_{REP.})$

TC_m ; 가공단계비용 $(k_3 \cdot N)$

$CT(p_T)$; 가공 / 조립공정까지의 누계비용

$[(k_3 \cdot N + CT(p_I))$ 또는 $(k_5 \cdot N + CT(p_{AI}))]$

$CT(AOQ)$; 검사공정까지의 누계비용 $[TC_{INS.} + CT(p_I)]$

$f(p_I)$; p_I의 비용함수

$f^*(p_1)$; $f(p_1)$의 최소비용

$f(p_T)$; p_T의 비용함수

$f^*(p_T)$; $f(p_T)$의 최소비용

$f(AOQ)$; AOQ의 비용함수

$f^*(AOQ)$; $f(AOQ)$의 최소비용

ATI ; 평균검사량

y ; 합격판정개수 c에 따른 $P_a \cdot p_M \cdot n$의 값 (부록 1 참조)

(附錄 2) Duncan, A. J.의 y값 表 $[y = P_a p' {}_M n]$

c	$P_a p' {}_M n$	c	$P_a p' {}_M n$	c	$P_a p' {}_M n$	c	$P_a p' {}_M n$
0	0.3679	11	7.233	21	14.66	31	22.50
1	0.8400	12	7.948	22	15.43	32	23.30
2	1.371	13	8.670	23	16.20	33	24.10
3	1.942	14	9.398	24	16.98	34	24.90
4	2.544	15	10.13	25	17.76	35	25.71
5	3.168	16	10.88	26	18.54	36	26.52
6	3.812	17	11.62	27	19.33	37	27.33
7	4.472	18	12.37	28	20.12	38	28.14
8	5.146	19	13.13	29	20.91	39	28.96
9	5.831	20	13.89	30	21.70	40	29.77

(資料出處) Duncan, A. J., Quality Control and Industrial Statistics, 5th Edition, Irwin Inc. pp.338(Table 16.1), 1985

참고문헌

[1] Sittig, J. " The Economic Choice of Sampling Systems in Acceptence Sampling" International Statistical Inatitute, 1951, Vol. 33, pp.51-84

[2] Beightler, S. and Mitten, L. G., "Design of Optimal Ssequence of Interrelated Sampling Plans", Journal of American Statistical Assocation, 1964, Vol. 59, No. 3 pp.96-104

[3] Ailor, R. H., Schmidt, J. W. and Bennett, G. K., "The design of Economic Acceptance Sampling Plans for a Mixture of Variables and Attributes" , AIIE Transaction, Vol.7, No.4, December, 1975, pp.370-378.

[4] Arnold, B. F., "An Economic Inspection Model for a Multi-component System" , International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.9, No.3, 1992, pp.34-41.

[5] 이경종, 이상용, "비용을 고려한 계수치 2단계 샘플링방법의 경제적 설계", Journal of the KSQC, Vol.21, No.1, 1993, pp.35-43.

[6] 이병근, 정재경, "계수 선별형 샘플링 검사의 경제성에 관한 연구" , Journal of the KSQC, Vol.13, No.2, 1985, pp.48-55.

[7] 조충호, 김성인 "선별형 검사의 경제성에 관한 연구" Journal of the KSQC, Vol.11, No.2, 1983, pp.37-41.

[8] 황의철, 정영배, "파괴검사에 있어서 최소비용 샘플링 검사방식의 결정에 관한 연구" , Journal of the KSQC, Vol.8, No.2, 1980, pp.15-22.