

# 소형폭뢰용 수압식 신관의 품질검사방법 전환사례 연구

지재용  
국방기술품질원

## A Case Study on the Change of Sampling inspection method for the Small Depth Charge Fuze

Jae-Yong Jee

Defense Agency for Technology Quality

**요약** 소형 폭뢰용 수압식 신관의 품질확인은 로트에서 일정한 수량의 샘플을 꺼낸 후, 해당 샘플에 대해 작동압력을 측정하고, 사전에 설정된 합격판정기준에 따라 결합제품 개수로 로트에 대한 합부판정을 내린다. 이러한 샘플링 검사방식을 계수형 샘플링 검사방식이라고 부르며 일반적으로 가장 많이 사용되는 샘플링 검사방식이다. 그러나 이런 계수형 샘플링 검사방식은 샘플의 수가 과도하게 소요되는 경향이 있으며, 제품의 품질이 안정화 되어도 늘 같은 개수만큼의 샘플을 추출해서 시험해야 하므로 시간과 예산의 낭비를 초래한다. 본 연구에서는 작동압력시험의 데이터를 측정하여 로트의 추정불량률을 계산하고 이 값이 합격품질한계(Acceptable Quality Level) 내에 들어오는지 아닌지로 로트에 대한 합격판정을 내리는 계량형 샘플링 검사방식으로의 전환 가능성에 관한 연구를 수행하였다. 계량형 샘플링 방식으로의 변경을 통한 시료수 감소로 시험비용 절감과 계량형 데이터의 통계적 분석을 통해 불량률 추정, 공정능력지수 계산, 관리도를 활용한 품질추이 확인 등의 다양한 품질 분석을 수행할 수 있었다. 또한, 제조자 측면에서 품질문제가 발생하기 전에 사전에 품질저하를 감시하고 품질경영시스템 보안을 통한 품질개선활동의 수행 등 다양하게 활용될 수 있었다. 역시 고객인 사용자 측면에서는 품질데이터의 이력관리를 통한 과거 품질문제 추적 및 우수한 품질의 신관을 확보하는 등의 이점이 있을 것으로 기대된다.

**Abstract** In the case of hydraulic pressure type fuse, we accept or reject certain product lots by considering the number of defective products in the operating pressure test. Generally, this procedure, known as 'The inspection by attributes', has been most commonly used in the field of quality assurance of products. However, the method of inspection by attributes suffers because it tests more samples than inspection by variables. Even though the quality of the products has remained stable in the process condition, the same number of samples is required for every lot, which wastes time and money. This paper suggests that the lot acceptance procedure is changed from inspection by attributes to inspection by variables. We can calculate the statistical tolerance percent of defectives and compare this to the Acceptable Quality Level (AQL) in order to save money and time. It is also easier to monitor and control the quality of products by using the process capability index and x-bar charts. In conclusion, the procedure delivers mutual benefit to both the customer and the producer by securing high quality products and reference data.

**Keywords** : Sampling-procedures, Small Depth Charge Fuze, Inspection by variables, Inspection by attributes, Acceptable Quality Level

### 1. 서론

군수품의 주요 물자인 탄약은 장기적으로 저장되며

불시에 작전이 수행되면 운용하는 품목으로 한번 사용하고 나면 다시 재사용이 불가능한 'One shot device'의 운용 특성을 가진다. 만일 적과의 교전에서 상대보다 먼저 탐

\*Corresponding Author : Jae-Yong Jee(Defense Agency for Technology Quality)

Tel: +82-10-3417-0501 email: jjy034@naver.com

Received September 1, 2017

Revised (1st September 25, 2017, 2nd September 29, 2017)


Accepted October 13, 2017

Published October 31, 2017

지했더라도 탄약을 통한 공격이 실패하면 바로 적으로부터 공격을 당한다. 이처럼 긴급한 상황에서 사용되는 탄약은 고도의 신뢰성이 요구된다. 탄약의 여러 구성품 중 핵심기능을 가지며, 가장 높은 신뢰성이 요구되는 것이 바로 신관이다.

해양에서 운용되는 탄약 신관중의 하나인 소형폭뢰용 수압식 신관은 소형폭뢰에 결합하여 운용된다. 폭뢰를 해수에 투척하면 침강하면서 30ft이상의 특정 수심에서 수압에 의한 신관 내부 기계장치 및 스프링의 작동으로 전폭약을 기폭시킨다. 기폭된 전폭약은 소형폭뢰의 주장약을 폭발시켜 주변의 함정에 충격을 가하게 된다. 신관의 형상 및 기술 제원은 Table 1과 같다[1~2].

**Table 1.** Configuration and Technical data of Small Depth Charge Fuze (K751)

Configuration	Technical Data
	Use : Depth Charge KH740 Function : Static water pressure Diameter : 90.0mm Length : 192.5mm Weight : 3.1kg Safety Pressure : 9.0kg/cm <sup>2</sup>

해당 수압식 신관의 품질보증을 위한 성능시험에는 압력시험, 누설시험, 진동시험, 충격시험, 낙하시험, 폭발계열시험 등의 다양한 시험이 규정되어 있다.

첫째로 압력시험은 화약을 제거한 비활성 상태의 제품에 수압을 가정한 공기압을 가하여 신관의 30ft 설정값에서 작동되는 압력을 확인하는 시험이다. 둘째로 누설시험은 수압이 작용하는 부위에 공기압을 가하여 압력의 누출 여부를 확인하는 시험이다. 셋째로 진동시험은 MIL-STD-331의 시험방법에 따른 시험으로 제품수송을 모사하여 일정 시간 동안 진동을 가한 후 제품의 변형이나 파손 및 비장전상태 유지여부를 확인한다. 넷째로 충격시험과 낙하시험은 운용자가 취급 중에 지면이나 함상에서 떨어뜨렸을 경우를 모사하여 제품에 일정한 충격을 가한 후에 파손이나 비장전상태 유지 여부를 확인한다. 마지막으로 폭발계열시험은 공기압을 가하여 신관내부의 기계적인 타격장치와 기관폭이 정상적으로 작동되는지를 검증하는 시험이다[2~3].

이러한 다양한 성능확인시험에 대해 현재 국방규격에서는 로트에서 일부의 샘플을 추출하여 시험을 통해 결함발생 시료수가 일정 수량 이하면 로트에 대해 합격

관정을 내리는 계수형 샘플링 검사방식을 채택하고 있다[2].

본 연구에서는 소형폭뢰용 수압식 신관의 성능확인 시험항목중 압력시험에 대하여 계량형 샘플링 검사방식으로의 변경을 통한 품질보증기법을 개선하는 방안을 제안하고자 한다. 이는 다른 시험들에 비하여 압력시험이 데이터를 획득하는 것이 용이하며, 시험에 따른 시간과 비용소요가 가장 크기 때문이다.

일반적으로 제품감사에 쓰이는 샘플링 검사방법으로 계수형 샘플링검사 절차(KS Q ISO 2859-1)와 계량형 샘플링검사 절차(KS Q 3951)가 있다 [4-6].

계수형 샘플링검사는 연속생산 로트에서 합격품질한계(AQL)을 정하고 이보다 높은 수준의 로트에 대해서 합격시키는 것으로 보통검사, 수월한 검사, 까다로운 검사로 엄격도를 조정하는 조정형 샘플링검사이다.

검사절차를 간단히 살펴보면 Table 2와 같다[6].

**Table 2.** Sampling Procedures for inspection by attributes (Part 1 : Sampling schemes indexed by acceptance quality limit[AQL] for lot-by-lot inspection)

Step	Procedure
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formation of the lot and size of the inspection</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision of AQL                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- In case of percent nonconforming : 0.01~10%, 16 steps</li> <li>- In case of nonconformities per 100 items : 0.01~1000, 26 steps</li> </ul> </li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision of inspection level                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- General inspection levels I, II, III and special inspection levels S-1~4 : 7 grades</li> <li>- If not given special comment, apply G-II</li> <li>- Special inspection levels are suitable for reducing the sample size in case of destructive test and expensive products, even though the risk of fault decision of lot acceptance increase</li> </ul> </li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision of inspection severity level                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Normal inspection/Tightened inspection/Reduced inspection</li> </ul> </li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision of sampling plans                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Single, Double, Multiple sampling plans</li> </ul> </li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planning sampling procedures for inspection                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sampling size code letter from inspection levels and Lot size</li> <li>- Sample size n, Acceptance score Ac</li> </ul> </li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choosing samples at random from the Lot                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Random sampling, Stratified sampling</li> </ul> </li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Counting the number of defaults by inspection or testing the samples</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decision the Lot pass or fail and take follow-up steps</li> </ul>

압력시험의 샘플링검사 방법은 KS Q ISO 2859-1에 의한 검사수준 G-II, 합격품질한계(AQL) 1.0%로 규정되어 있다[2]. 예를 들어 로트크기가 500개이면, 시료수가 50개이고 합격/불합격판정기준(Ac/Re : 1/2)을 적용한다. 하지만 KS Q ISO 2859-1을 통해 계산된 시료수 50개는 로트크기 500개의 10%에 해당하는 수량으로 과도하게 많은 시료를 사용하게 되고 시험에 드는 비용 및 시간도 큰 비중을 차지한다. 시료 50개에 대해 시험했을 때 시험 인원은 최소 3명, 시험시간은 숙련자의 경우 개당 약 5분이 소요되어 총 250분이 소요된다.

본 연구에서는 이러한 계수형 샘플링검사 적용을 계량형 샘플링검사로 변경하여 시료수 절감과 다양한 품질 특성도 동시에 관리하는 방안을 제안하고자 한다.

## 2. 계량형 샘플링 검사방법 적용

제품감사에 적용되는 일반적인 계량형 샘플링검사 절차(KS Q 3951)에서 해당로트의 표준편차를 모르고 있을 경우(s 방법)에 대한 절차를 간단히 살펴보면 아래 Table 3과 같다[4].

Table 3. Sampling Procedures for inspection by variable

Step	Procedure
1	<Unknowen standard deviation : s-Method> Apply the sample size code letter in accordance of <KS Q 3951, Table A.1> from the given inspection level(generally G-II) and Lot size
2	Decide the sample size correspond to the sample size code letter based on <KS Q 3951, Table A.2> * Go to <Stage 5>, if single specification
3	In case of double specification, calculate 'f' for the MSSD(Maximum sample standard deviation) at the Normal inspection(Table D.1)/Tightened inspection(Table D.2)/Reduced inspection(Table D.3) correspond to the sample size code letter and AQL
4	Calculate standard deviation(s) and MSSD=(U-L)if, if s>MSSD, then fail the lot and stop the inspection. If s≤MSSD, then go next step
5	Calculate the average x-bar and standard deviation(s) from samples, and estimate the process fraction nonconforming(pL : lower specification limit, pU : upper specification limit) based on the equation. $Q_L = \frac{\bar{x}-L}{s}, Q_U = \frac{U-\bar{x}}{s}$ $\hat{p}_L = R_{(n-2)/2} \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - Q_L \frac{\sqrt{n}}{n-1} \right) \right] = R_{(n-2)/2} \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{\bar{x}-L}{s} \frac{\sqrt{n}}{n-1} \right) \right]$ $\hat{p}_U = R_{(n-2)/2} \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - \frac{U-\bar{x}}{s} \frac{\sqrt{n}}{n-1} \right) \right] = R_{(n-2)/2} \left[ \frac{1}{2} \left( 1 - Q_U \frac{\sqrt{n}}{n-1} \right) \right]$ <p>① If given L(lower specification limit), the</p>

	larger-the-better characteristic : Estimate the process fraction nonconforming, $\hat{p} = \hat{p}_L$ ② If given U(upper specification limit), the smaller-the-better characteristic : Estimate the process fraction nonconforming, $\hat{p} = \hat{p}_U$ ③ In case of double specification limit(L,U), the nominal-the-best characteristic : Estimate the combined process fraction nonconforming, $\hat{p} = \hat{p}_L + \hat{p}_U$
6	Calculate the the process fraction nonconforming p* in oder to decide the acceptance of Lot at the Normal inspection/Tightened inspection/Reduced inspection for combined control of sigle and double specification (Separately calculate PL* and PU* in case of separated control or combined control at double specification)
7	Judge acceptance for the lot by comparing the process fraction nonconforming p* to the criteria ① In case of combined control of Single or double specification : If $\hat{p} \leq p^*$ , then accept the lot ② In case of separated control of double specification : If $\hat{p}_L \leq p_L^*$ and $\hat{p}_U \leq p_U^*$ , then accept the lot ③ In case of combined control of double specification : - If exist different AQL for lower specification : $\hat{p} \leq p^*$ and $\hat{p}_L \leq p_L^*$ , then accept the lot - If exist different AQL for upper specification : $\hat{p} \leq p^*$ and $\hat{p}_U \leq p_U^*$ , then accept the lot

계량형 샘플링 방법으로 설계할 경우 산출과정 및 결과는 아래와 같다.

우선 시료수를 산정해보면, Table 4에 따라서 로트크기가 500일 때 일반검사-II수준으로 샘플문자는 H가 되며, 기존에 데이터를 분석/관리해오지 않은 것으로 볼 때 계량형 샘플링을 처음 적용하는 시점이므로 “s” 방법(공정 표준편차가 알려지지 않았을 때 사용되는)을 적용한다. 그리고 압력시험은 양쪽 규격을 가지고 있으며 각 한계를 넘는 부적합이 같은 중요성을 갖는다고 볼 수 있다. 또한, AQL은 계수형 샘플링검사에서와 같이 1.0%를 적용한다. 결과적으로, ‘차트 s-H 결합 AQL을 갖는 양쪽 규격에 대한 합격 곡선 : “s”방법-샘플문자 H(샘플 크기 25)’를 적용한다.

시험결과값이 Table 6과 같을 때, 기초통계량은 eZ SPC를 이용하여 산출한 결과, Table 7과 같이 평균값  $\bar{x} = 0.91$ , 샘플 표준편차  $s = 0.0432$ 가 된다.

이 시험데이터는 기존의 계수형 샘플링 검사방식으로 했던 50발의 시험자료에서 1번에서 25번까지의 데이터만을 선정하였다.

**Table 4.** Sample size code letters and inspection levels

Lot or batch size	Special inspection levels				General inspection levels		
	S-1	S-2	S-3	S-4	I	II	III
2~8	B	B	B	B	B	B	B
9~15	B	B	B	B	B	B	C
16~25	B	B	B	B	B	C	D
26~50	B	B	B	C	C	D	E
51~90	B	B	C	C	C	E	F
91~150	B	B	C	D	D	F	G
151~280	B	C	D	E	F	G	H
281~500	B	C	D	E	F	H	J
501~1200	C	C	E	F	G	J	K
1201~3200	C	D	E	G	H	K	L
3201~10000	C	D	F	G	J	L	M
10001~35000	C	D	F	H	K	M	N
35001~150000	D	E	G	J	L	N	P
150001~500000	D	E	G	J	M	P	Q
500000	D	E	H	K	N	Q	R

Note : The sample size code letters and inspection levels in this standard correspond to those shown in KS Q ISO 2859-1.

**Table 5.** Sample size for sampling plan

Sample size code letter	“s” Method		“o” Method		Sample size for attributes in accordance with KS Q ISO 2859-1	
	Normal or Tightened inspection	Reduced inspection	Normal or Tightened inspection	Reduced inspection	Normal or Tightened inspection	Reduced inspection
B	3	3	2	2	3	2
C	4	3	3	2	5	2
D	6	3	4	2	8	3
E	9	4	6	3	13	5
F	13	6	8	4	20	8
G	18	9	10	6	32	13
H	25	13	12	8	50	20
J	35	18	15	10	80	32
K	50	25	18	12	125	50
L	70	35	21	15	200	80
M	95	50	25	18	315	125
N	125	70	32	21	500	200
P	160	95	40	25	800	315
Q	200	125	50	32	1250	500
R	250	160	65	40	2000	800

Note : The sample size code letters and inspection levels in this standard correspond to those shown in KS Q ISO 2859-1.

**Table 6.** Pressure Test Results of Fuze at 30ft

Test Item	Pressure Test (30ft setting : 0.6~1.1kg.cm <sup>2</sup> )					
	n=25, AQL : 1.0%					
	Lot #007					
Min.	0.84					
Max.	1.04					
Avg.	0.90					
Test Results (25ea)	No.1	0.84	No.9	0.90	No.17	0.88
	No.2	0.91	No.10	0.89	No.18	0.95
	No.3	1.04	No.11	0.95	No.19	0.94
	No.4	0.89	No.12	0.92	No.20	0.90
	No.5	0.87	No.13	0.94	No.21	0.87
	No.6	0.89	No.14	0.95	No.22	0.93
	No.7	0.85	No.15	0.94	No.23	0.84
	No.8	0.89	No.16	0.92	No.24	0.93
					No.25	0.92

**Table 7.** Statistical Data of Lot #007[11]

Basic statistic	Results
Sample size	25
Average	0.91
Variance	0.001867
Standard deviation	0.043205
Median	0.91
Maximum	1.04
Minimum	0.84
Range	0.2
1-Quatile	0.885
3-Quatile	0.94
Quatile Range(IQR)	0.055
Coefficient of variation(CV)	4.75%

그리고, Fig. 1의 ‘차트 s-H’를 적용하기 위한 계산값은  $(\bar{x}-L)/(U-L)=(0.91-0.6)/(1.1-0.6)=0.620$ 과  $s/(U-L)=0.0864$  이다. 이 결과는 Fig. 1 차트에서 합격구역에 있으므로 로트는 합격으로 판정된다.

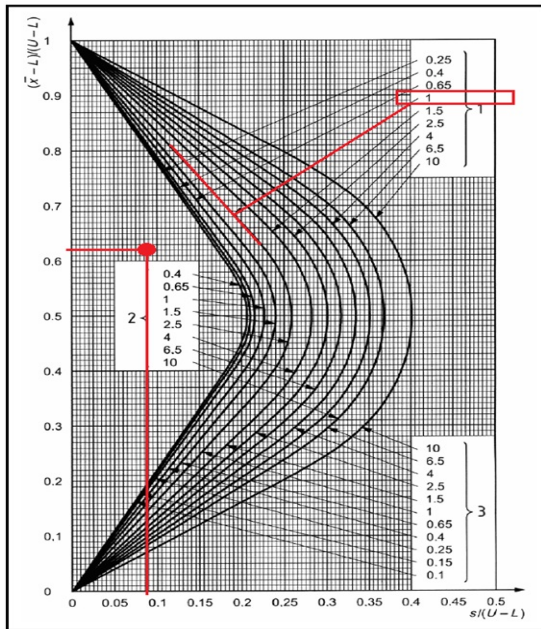


Fig. 1. Chart s-H: Acceptance curves for combined control of double specification limits for sample size code letter H under normal and tightened inspection and for sample size code letter K under reduced inspection(KS Q 3951)

### 3. 계량형데이터를 활용한 품질정보

#### 3.1 데이터 정규성 검정

수압식신관 4개 로트의 압력시험 데이터는 Table 8과 같고, 계수형 샘플링검사 절차인 KS Q ISO 2859-1(로트별 합격품질한계[AQL]지표형 샘플링검사 방식)에 의한 품질확인결과 결함 시료가 '0'개로 합격 처리되었다.

Table 8. Pressure Test Results of Fuze at 30ft setting

Test Item	Pressure Test (30ft setting : 0.6~1.1kg.cm <sup>2</sup> ) n=50, AQL : 1.0% <50(1,2)>			
	Min.	0.84	0.82	0.83
Max.	1.04	0.97	0.94	0.98
Avg.	0.90	0.88	0.88	0.90
Sample No.	Lot No.			
	#007	#008	#009	#010
1	0.84	0.95	0.87	0.86
2	0.91	0.85	0.83	0.92
3	1.04	0.94	0.87	0.90
4	0.89	0.97	0.83	0.90

5	0.87	0.87	0.86	0.84
6	0.89	0.85	0.89	0.93
7	0.85	0.86	0.93	0.94
8	0.89	0.89	0.87	0.90
9	0.90	0.84	0.88	0.86
10	0.89	0.84	0.85	0.89
11	0.95	0.85	0.88	0.89
12	0.92	0.87	0.92	0.92
13	0.94	0.89	0.86	0.86
14	0.95	0.82	0.88	0.91
15	0.94	0.83	0.84	0.97
16	0.92	0.85	0.84	0.91
17	0.88	0.89	0.84	0.89
18	0.95	0.95	0.88	0.86
19	0.94	0.90	0.90	0.86
20	0.90	0.90	0.88	0.89
21	0.87	0.85	0.88	0.82
22	0.93	0.90	0.94	0.96
23	0.84	0.89	0.88	0.93
24	0.93	0.90	0.85	0.94
25	0.92	0.87	0.91	0.82
26	0.91	0.88	0.90	0.94
27	0.86	0.83	0.91	0.89
28	0.86	0.90	0.88	0.92
29	0.86	0.89	0.92	0.81
30	0.91	0.85	0.93	0.92
31	0.95	0.90	0.88	0.89
32	0.93	0.92	0.89	0.95
33	0.85	0.86	0.88	0.87
34	0.91	0.85	0.88	0.89
35	0.86	0.83	0.86	0.86
36	0.90	0.87	0.93	0.98
37	0.95	0.91	0.84	0.89
38	0.87	0.87	0.90	0.93
39	0.87	0.96	0.85	0.90
40	0.86	0.91	0.87	0.87
41	0.95	0.89	0.87	0.92
42	0.88	0.97	0.87	0.84
43	0.88	0.83	0.91	0.93
44	0.91	0.86	0.93	0.87
45	1.02	0.89	0.87	0.90
46	0.92	0.91	0.88	0.86
47	0.90	0.92	0.88	0.87
48	0.89	0.83	0.86	0.89
49	0.91	0.87	0.87	0.92
50	0.88	0.94	0.85	0.89

KS Q 3951의 계량형 샘플링검사 방법을 적용하기 위해서는 우선 데이터가 정규성을 띠어야 한다. 따라서 통계프로그램을 이용한 정규성 검정을 하면, #007로트에서 Shapiro-Wilk 검정결과 W=0.95으로 정규분포를 따른다(유의수준 5% 적용)고 할 수 있고 이에 따른 정규분포확률도는 Fig. 2와 같이 마찬가지로, #008~#010로트에 대하여 통계적으로 검증한 결과 각각 W=0.96,

W=0.95, W=0.98로 모두 정규분포를 따르는 것으로 산출되었다.

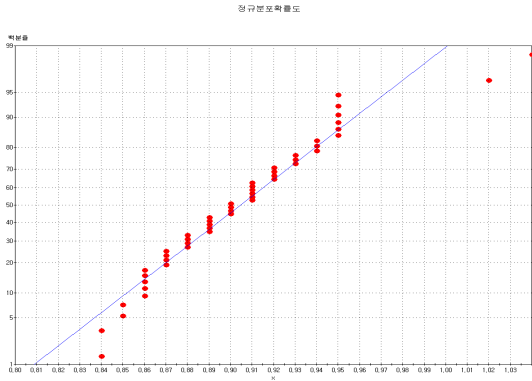


Fig. 2. Normal Probability Plot of Pressure test Result of #007 Lot[11]

### 3.2 로트추정불량을 및 공정능력지수 산정

공정능력지수(Process Capability Index, Cp)란 제품의 품질변동이 어느 정도인가를 나타내는 척도로서 다음과 같이 표현된다.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

여기서, 시그마( $\sigma$ )는 공정의 산포(표준편차)이며, USL과 LSL은 이의 규격상한과 규격하한을 나타낸다. Cp는 공정의 산포만을 반영하고 공정평균의 위치에 대해서는 고려하지 못하기 때문에, 공정의 산포는 물론 공정평균의 위치를 반영한 Cpk가 사용된다.

$$C_{pk} = \min\left(\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right)$$

Cpk는 크기가 서로 다른 목적함수와 제한조건의 값을 동일한 단위로 정규화시키는 장점을 갖고 있으며, Cpk 값이 2일 때 6시그마를 의미한다[8].

공정능력지수별 품질수준 및 관리방안은 Table 9와 같다[9,10].

Table 9. Process Capability Index[9,10]

Process variation	Process Capability Index	Process Capability Level	Management Practices
	$1.67 \leq C_p$	Process easily meets specification limits	Processes are highly streamlined, Consider how simplified management, or cost savings
	$1.33 \leq C_p \leq 1.67$	Process comfortably meets specification limits	Need to stay in good status, Try to improve productivity
	$1.0 \leq C_p \leq 1.33$	Process only just meets specification limits	Continuous process management and monitoring required
	$0.67 \leq C_p \leq 1.0$	Process does not meet specification limits	Need to examine the cause of defects or improve process, and review tightening inspection of products
	$C_p \leq 0.67$	Process does not meet specification limits	Serious quality problem, Overall process needs to be improvement

해당 품목에 대한 그동안의 품질상태를 분석하기 위해 각 로트별 추정불량률 및 공정능력지수를 구해보면, Table 10와 같이 개별 로트의 공정능력지수(Cpk)는 1.71~2.78로 모두 충분히 우수한 것으로 나타났다. 그러나 공정능력지수의 변동이 관찰됨에 따라 잠재적인 부적합 가능성이 보여 관리가 필요한 것으로 보인다.

Table 10. Quality properties of each lot[11]

Quality Properties	Statistical Data			
	#007	#008	#009	#010
Lot No.	#007	#008	#009	#010
Sample size	50	50	50	50
Average	0.905	0.883	0.879	0.895
Variance	0.002	0.002	0.001	0.001
Standard deviation	0.041	0.039	0.028	0.038
Cp	2.19	2.29	3.15	1.88
Cpk	1.71	1.99	2.78	1.54
Nonconforming proportion (ppm)	0	0	0	0
Potential Nonconforming proportion (ppm)	1.26	0.02	0	0.05
Overall sigma level	4.71	5.50	7.85	5.34
Within sigma level	6.21	7.00	9.35	6.84

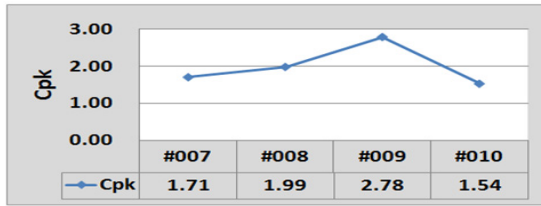


Fig. 3. Process Capability Index of the products

또한, 관리상한선(UCL)=1, 관리중심선(CL)=0.9, 관리하한선(LCL)=0.8일 경우의 xbar-R 관리도는 Fig. 4와 같다.

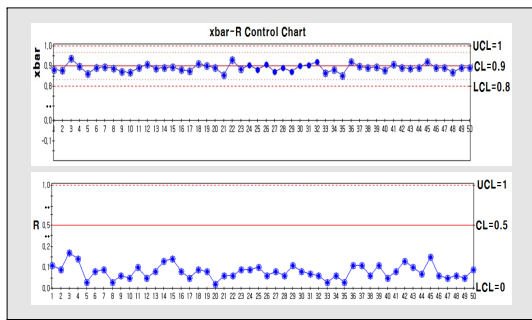


Fig. 4. X-bar chart of the products

수압식 신관에 대하여 두 가지 검사방식(계수형 샘플링검사 및 계량형 샘플링검사)에 대한 소요시간과 비용을 비교해보면 Table 11과 같이 크게 절감됨을 알 수 있다. 계량형 샘플링검사를 적용했을 때 시료수와 시험비용/시간이 모두 50%로 감소되었으며 부수적으로 다양한 품질관리 요소(추정불량률, 공정능력지수, 관리도 등)도 쉽게 파악되어 품질관리에 더 유리함을 알 수 있다.

Table 11. Inspection methods comparison table

Category	Inspection by attributes	Inspection by variables	Reduction rate
Sample size	n=50	n=25	50%
Working Cost	₩300,000 (₩400/minx3x250min)	₩150,000 (₩400/minx3x125min)	50%
Working Time	250min (5min/ea x 50ea)	125min (5min/ea x 25ea)	50%
Personnel requirement	3	3	No change
Remarks	Whether or not the product meets the specifications.	Estimation of defect rate, Normality, Statistics data, etc.	-

### 3.3 공정상태에 따른 품질관리시스템 보완

기존의 계수형 샘플링검사에서는 해당 로트에 대한 품질정보는 합격여부 판정만을 알 수 있었으며, 로트에 대한 품질을 관리하기 위해 전수검사를 통한 불량품 제거의 방법으로 품질을 관리해왔다. 그러나 위에서 검토한 바와 같이 계량형 데이터를 활용하면 품질특성값 산출과 세부적인 관리도를 통한 품질의 변화추이 관찰과 관리도구인 품질시스템과의 연계도 가능하다.

공정능력지수에 따른 품질관리시스템 적용 사례는 다음과 같다.

공정능력 지수값에 따라 3단계로 관리하도록 품질매뉴얼을 보완하였는데, 공정능력지수가  $Cpk > 1.33$ 일 경우에는 기존 품질관리활동을 유지하고, 공정능력지수가  $1.0 \leq Cpk \leq 1.33$ 일 경우 품질보증팀 자체적으로 해당 로트에 대한 전체 품질검사 성적서(원자재, 구성품, 완제품, 성능시험 등)를 확인/점검하고 기존로트와 비교하여 품질저하요인을 검토하여 주요 영향 인자 부품에 대한 치수공차를 보다 엄격하게 관리하는 등의 방안을 후속로트에 반영하는 절차를 따르며, 공정능력지수가  $Cpk < 1.0$ 일 경우에는 제품생산 공정의 중요 품질요소인 5M1E(Man, Machine, Material, Method, Measure, Environment)에서 변화가 발생한 것으로 인식하고, 즉시 이후 공정을 중단하고 결함원인분석(FTA 등)과 5M1E 변동사항 파악 및 품질개선 TF를 구성하여 개선활동을 수행하도록 품질시스템을 보완하였다.

## 4. 결론

본 논문에서는 소형폭뢰용 수압식 신관의 성능품질인 압력시험의 관리 방식을 계수형 샘플링 방식에서 계량형 샘플링 방식으로의 전환을 제안하였다.

계량형 샘플링 방식을 통한 제품의 성능확인인 계수형 샘플링에 비해 시료수가 50개에서 25개로 50% 감소하여 시료비용은 물론이고 많은 인력(Man hour)과 시험장비가 소요되는 시험비용을 절감할 수 있고, 각각의 로트별 데이터에 대한 불량률과 공정능력지수 및 xbar-R 관리도 등 통계적인 분석을 통해 단순한 합격여부보다 더 구체적인 품질수준 점검 및 사용자의 운용 기간까지 연장된 품질이력관리가 가능하게 되었다.

또한, 제조자 측면에서는 품질특성을 계량데이터로

관리하고 분석함으로써 품질수준 저하를 조직의 체계적인 관리방법으로 통제하며 품질을 개선할 수 있는 영역으로 끌어올릴 수 있었다.

또한 현재 공정능력지수값의 변동에 별다른 조치를 취하지 않는 품질매뉴얼을 공정능력지수 값의 변동에 따라 적절한 조치를 취하도록 품질매뉴얼을 보완하였다.

향후 압력시험뿐만 아니라 누설시험, 진동시험, 충격시험, 낙하시험 등도 계량형 샘플링 검사의 적용 가능성에 대한 검토가 필요하며 다른 형태의 신뢰에 대한 파괴시험인 발사시험에 적용할 경우 파급효과는 더욱 증대될 것으로 여겨진다. 후속조치로 본 연구의 성과가 지속해서 적용되기 위해서는 국방규격의 개정도 필요할 것이다[12].

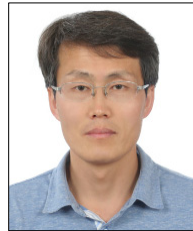
## References

- [1] Product Introduction: Fuzes, [http://www.poongsanfns.co.kr/customer/images/PoongsanFNScatalog\(English\).pdf](http://www.poongsanfns.co.kr/customer/images/PoongsanFNScatalog(English).pdf)
- [2] “Ammunition, standard quality assurance provisions, general specifications, FUZE, DEPTH CHARGE K751(KDS 1361-1003-4)”, Agency for Defense Development, January, 4, 2013.
- [3] “Department of Defense Test Method Standard [Fuze and Fuze Components, Environmental and Performance Tests for](MIL-STD-331C)”, U. S. Department of Defense, June, 22, 2009.
- [4] “Sampling Procedures for inspection by variable”, KS Q 3951, Korean Agency for Technology and Standards, 2013.
- [5] ISO 3951, Sampling- procedures and charts for inspection by variables for percent nonconforming, ISO, 1989.
- [6] “Sampling Procedures for inspection by attributes(Part 1 : Sampling schemes indexed by acceptance quality limit [AQL]for lot-by-lot inspection)“, KS Q ISO 2859-1, Korean Agency for Technology and Standards, 2014.
- [7] Sampling Procedures Enhancement in Government Defense Quality Assurance Procedures, DTaQ-12-3492-R, 2012.
- [8] Kwang Ki Lee, et. al., “Robust Optimization of a Train Suspension by using Process Capability Index”, p90~95, Journal of The Korean Society of Mechanical Engineers, 2009.
- [9] Statistical quality control, Korean Standards Association, 2005.
- [10] Taegy Kim, Myeonghwan Na, Chunbeon Yu, Myung-Joo Lee, Yeongho Jeon, Soo-il Chung, “The latest SPC. SQC in accordance with international standards”, Minyoungsa, 2012.
- [11] Statistical Engineering for Advanced Quality Lab, “eZ SPC 2.0”, Hanyang University Industrial Engineering, 2007.
- [12] “Guidlines of Writing Content Discription for National

Defense Standard”, Defense Acquisition Program Administration, 2017.

지 재 용(Jae-Yong Jee)

[정회원]



- 1995년 2월 : 전북대학교 화학공학과 (화학공학학사)
- 1995년 12월 ~ 현재 : 국방기술 품질원 선임연구원

<관심분야>  
산업공학, 자율로봇