

# 위험기계, 기구의 위험성 평가 및 안전인증 또는 자율안전확인 의 적정성

최기흥<sup>†</sup> · 노병국

한성대학교 기계시스템공학과

(2015. 6. 14. 접수 / 2016. 1. 13. 수정 / 2016. 1. 15. 채택)

## Risk Assessment of Industrial Machines and Devices and Appropriateness of Their Safety Certification and Self-Declaration of Conformity

Gi Heung Choi<sup>†</sup> · Byoung Gook Loh

Department of Mechanical Systems Engineering, Hansung University

(Received June 14, 2015 / Revised January 13, 2016 / Accepted January 15, 2016)

**Abstract** : Severity and frequency of industrial accidents are typically used to assess the “absolute” risk associated with the industrial machines and devices (“items”) which are subject to safety certification or self-declaration of conformity. However, the “relative” risk associated with a particular item can further be assessed based on unit severity and unit frequency where the total number of item in use is taken into account. This study first attempts to estimate the total number of each item in use which was recently selected for safety certification or self-declaration of conformity. The appropriateness of such selection is recapitulated based on the relative risk involved. Analysis results indicate that depending on items, the relative risk is differentiated from the absolute risk. Recent selection of items for safety certification or self-declaration of conformity is then revisited for its validity. The relative risk based on unit severity and unit frequency of industrial accidents, together with the absolute risk, may be used to further categorize items for safety certification or self-declaration of conformity in the future.

**Key Words** : industrial machines and devices, safety certification, self-declaration of conformity, risk assessment, (unit) severity of industrial accidents, (unit) frequency of industrial accidents

### 1. 서론

산업 현장에서 쓰이는 위험기계, 기구에 의한 안전 사고는 작업자에게 사망을 포함한 회복 불가능한 손상을 초래할 수 있고 사회와 고용자에게도 막대한 경제적 손실을 발생시킨다. 이러한 이유로 위험도가 높은 위험기계, 기구의 안전성 확보를 위한 안전인증 또는 자율안전확인이 실시되고 있으며 다양한 국제기준의 적극적인 도입도 시도되고 있다.

안전인증 또는 자율안전확인의 타당성과 실효성을 입증하고 개선하기 위해서는 위험기계, 기구의 위험성 평가가 필수적이다. 일반적으로 특정 위험기계, 기구의 “절대적” 위험성은 보유대수를 고려하지 않고 관련 재

해강도(사망자 수)와 재해빈도(부상자와 사망자를 더한 총 재해자수)에 근거하여 판단하고 이에 기초하여 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목으로 지정한다<sup>1-3)</sup>. 그러나 보유대수를 고려한 단위 재해강도(예를 들면, 1000대당 사망자 수)와 단위 재해빈도(1000대당 총 재해자수)에 기초한 “상대적” 위험성 평가는 차별화되는 정보를 포함할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 안전인증 또는 자율안전확인 대상으로 지정된 15개 위험기계, 기구에 대하여 보유대수를 고려한 단위 재해강도와 단위 재해빈도의 관점에서 위험성을 평가하고 대상 지정의 적정성을 검증한다. 본 연구의 결과는 규제 의 실효성을 뒷받침하고 향후 신규품목 지정의 기초자료로 활용될 수 있다.

<sup>†</sup> Corresponding Author : Gi Heung Choi, Tel: +82-2-760-4322, E-mail: gihchoi@hansung.ac.kr  
Department of Mechanical Systems Engineering, Hansung University, 116, Samsongyo-ro 16-gil, Seongbuk-gu, Seoul 02876, Korea

## 2. 위험기계, 기구관련 재해

Table 1은 2012년에 새로이 안전인증 또는 자율안전확인 대상이 된 위험 기계, 기구 15종의 관련 재해자수를 나타낸다. 신규 안전인증 또는 자율안전확인 대상 지정에는 2009년도 재해분석 결과를 참고하였으며 산업재해와 위험기계, 기구와의 연관성이 비교적 잘 분석된 자료이므로 본 연구에서는 이를 활용하였다. 이후 2011년에 각 위험기계, 기구별로 2009년도와 동일한 방식으로 관련 재해를 분석한 결과 2009년도 재해분석 결과와 차별화되지 않으며 이후 최근까지 전체 산업재해 건수에 큰 변화가 없었음을 고려하면 본 연구에서 인용된 자료가 유효한 것으로 판단된다<sup>4)</sup>.

**Table 1.** Numbr of deaths(D) and number of injuries (I) associated with industrial machines and devices(hereafter "items") newly subject to safety certification(hereafter "SC") and self-declaration of conformity(hereafter "SDC") in 2012

Machines and devices	2008			2009		
	D	I	Total	D	I	Total
SC items(Note 1)						
① Press brake	0	527	527	0	449	449
② Sawing machine	0	719	719	3	1361	1364
③ Elevated working platform	5	12	17	3	13	16
SDC items(Note 2)						
④ Grinding machines	3	821	824	2	181	183
⑤ Lathe	1	199	200	2	228	230
⑥ Drilling machines	1	566	567	0	473	473
⑦ Mixing machine (Note 3)	11	615	626	9	457	466
⑧ Milling machine	2	137	139	2	167	169
⑨ Pulverizer (Note 3)	11	615	626	9	457	466
⑩ Printing machine	0	197	197	4	190	194
⑪ Food crusher (Note 4)	3	431	434	3	502	505
⑫ Food cutter	0	602	602	0	554	554
⑬ Food mixer (Note 4)	3	431	434	3	502	505
⑭ Circular saw	0	315	315	0	379	379
⑮ Conveyor (Note 5)	11	630	641	8	521	529

Data source: KOSHA

Note 1: Items subject to SC

Note 2: Items subject to SDC

Note 3: Same data were applied to mixing machine and pulverizer

Note 4: Same data were applied to food crusher and food mixer.

Note 5: "Conveyor" includes belts, screws, buckets.

## 3. 위험기계, 기구의 보유대수 추정

### 3.1 위험기계, 기구의 보유대수 설문조사

안전인증 또는 자율안전확인 대상 위험기계, 기구의 단위 재해강도 및 단위 재해빈도를 추정하기 위해서는

**Table 2.** Composition ratio of manufacturing companies according to the number of employees in sample survey<sup>5)</sup>

Number of employees	Number of companies	Composition ratio (%)
< 5	100	38.6
5~9	62	23.9
10~29	62	23.9
30~49	17	6.6
50~99	8	3.1
100~299	6	2.3
300~499	4	1.5
500~999	0	0
1000 <	0	0
Total	259	100.0

**Table 3.** Estimated average number of industrial machines and devices in use in manufacturing companies in sample survey<sup>5)</sup>

Machines and devices	Average number of items in use according to the number of employees of manufacturing companies						
	< 5	5~9	10~29	30~49	50~99	100~299	300~499
SC items							
①	0.200	0.323	0.355	0.000	0.375	0.333	0.250
②	0.010	0.032	0.048	0.000	0.625	0.000	0.000
③	-	-	-	-	-	-	-
SDC items							
④	0.070	0.258	0.161	0.059	0.125	0.500	0.250
⑤	0.630	0.516	0.323	0.294	2.000	0.833	0.000
⑥	1.070	1.177	0.500	0.235	0.625	0.667	1.000
⑦	0.010	0.032	0.065	0.000	0.125	0.000	0.000
⑧	0.340	0.435	0.210	0.294	0.250	0.667	0.000
⑨	0.010	0.000	0.210	0.353	0.125	0.167	0.000
⑩	0.090	0.290	0.048	0.176	0.000	0.000	0.000
⑪	0.020	0.016	0.048	0.412	0.000	0.000	0.000
⑫	0.000	0.000	0.081	0.412	0.000	0.000	0.000
⑬	0.010	0.016	0.048	0.706	0.000	0.000	0.000
⑭	0.210	0.048	0.081	0.059	0.000	0.000	0.000
⑮	0.100	0.032	1.532	1.235	0.875	1.500	2.250

먼저 보유대수를 추정해야 한다. 본 연구에서는 위험기계, 기구를 사용하는 제조업 사업장을 대상으로 보유현황 추정을 위해 2012년도에 실시된 설문조사 결과를 활용하였다<sup>5)</sup>. 설문조사 대상 사업장은 총 269개로 대부분 제조업 사업장이었다. 설문에 응답한 비제조업 10개 사업장의 데이터는 응답수가 적어 통계적으로 유의미한 분석이 불가능하므로 분석에서 제외하였다. 설문에 응한 사업장 규모에 따른 사업장 구성 비율은 Table 2와 같다. 설문에 응답한 사업장은 모두 500인 미만 사업장이었다. Table 3은 제조사업장 설문조사를

통해 분석된 사업장 규모별 산업용 위험기계 평균보유 대수를 나타낸다.

고소작업대의 경우 전체보유대수가 타 위험기계, 기구에 비해 매우 적고 사용사업장 수도 제한적이므로 2009년도 작업환경 실태조사에서 추정된 보유대수를 적용하였다.

**3.2 제조사업장의 위험기계, 기구 가중평균 보유대수 추정**

설문조사를 통해 추정한 사업장 규모별 평균 보유대수에 기초하여 다음과 같이 2012년도 현재 269,630개 전체 제조사업장의 각 위험 기계, 기구별 가중 평균 보유대수를 추정할 수 있다. 즉, 평균대수 계산 시 가중 평균 값은 다음의 식을 적용하여 계산하였다.

**Table 4.** Weighted average number of press brakes and grinding machines in use in manufacturing companies

Number of employees	Number of companies	Composition ratio (%)	Weighted average numbers in use	
			Press brake	Grinding machine
Total	269,630	100.00		
< 5	161,499	59.90	0.200	0.070
5~9	46,781	17.35	0.323	0.258
10~29	42,545	15.78	0.355	0.161
30~49	9,177	3.40	0	0.059
50~99	5,919	2.20	0.375	0.125
100~299	3,126	1.16	0.333	0.500
300~499	305	0.11	0.250	0.250
500~999	170	0.06	0	0
1,000 <	108	0.04	0	0
Weighted average numbers in use			0.233841	0.112

$$N_{wa} = \frac{1}{100} \sum_{i=1}^N W_i \cdot A_i \quad (1)$$

이 때,  $N_{wa}$ 는 가중평균 보유대수,  $W_i$ 는 사업장 규모별 점유율, 그리고  $A_i$ 는 사업장 규모별 평균 보유대수이다. Table 4는 안전인증 대상품목 중 절곡기와 자율안전확인 대상품목 중 연삭기의 가중평균 추정 보유대수이다. 같은 방법으로 나머지 안전인증 또는 자율안전확인 대상 13개 모든 품목에 대하여 사업장 규모별 가중평균 보유대수를 추정할 수 있다.

**3.3 비제조사업장의 위험기계, 기구 가중평균 보유대수 추정**

위에서 추정된 보유대수는 제조업 사업장만을 대상

으로 한 설문조사에 기초하였으며 고용노동부에서 정의한 건설업, 광업 등 9개 업종을 포함하는 비제조업의 경우 다음과 같이 보유대수를 추정하였다. 우선, 2009년도 재해분석 결과를 기초로 제조업과 비제조업의 재해건수 비율을 계산하였고 제조업과 비제조업의 업종 특성을 무시하면 비제조사업장의 각 위험기계, 기구별 보유대수는 재해건수 비율에 단순 비례한다고 가정할 수 있다. 이와 같은 가정 하에 비제조업의 각 위험기계, 기구 보유대수는 다음의 식에 의해 추정하였다.

$$\begin{aligned} &\text{비제조업의 위험기계, 기구 보유대수} = \\ &(\text{제조업의 위험기계, 기구 보유대수}) \times \\ &(\text{제조업 재해건수/비제조업 재해건수 비율}) \quad (2) \end{aligned}$$

비제조사업장의 위험기계, 기구 보유대수 추정결과는 Table 5의 2009년도 작업환경 실태조사 보고서에서 추정된 보유현황과 비교하여 큰 오차가 없음을 확인하였다. Table 5에서 재해건수 비율 (제조업/비제조업)은 2009년도 재해분석 결과에 기초한 값이고 설문조사의 혼합기 추정대수에서 분쇄기는 제외하였다. Table 5에서 비교가능한 절곡기, 연마기, 드릴머신, 혼합기, 분쇄기, 인쇄기, 등근톱 등 7개 품목의 경우 설문조사에 의한 추정결과와 2009년도 작업환경 실태조사의 추정결과 간의 비율은 최소 0.53에서 최대 3.47까지의 값을 나타내나 대부분의 경우 1.0 내외에서 20% 이내의 추정오차를 나타내었다<sup>5)</sup>. 최소값 0.53인 혼합기의 경우 설문조사에서 분석기를 제외하였기 때문에 분석기를 고려하고 동일한 평균보유 대수를 가정할 경우 비율은 1.06이 되어 작업환경 실태조사의 결과와 거의 일치한다. 최대값 3.47인 인쇄기의 경우 설문조사 결과 보유하고 있는 모든 사업장의 규모가 50인 미만이므로 50인 이상 사업장에서의 샘플조사는 오히려 신뢰도를 훼손할 가능성이 크다. 따라서 본 연구에서의 결과가 작업환경 실태조사 대비 신뢰도가 높을 것으로 판단된다.

**4. 위험기계, 기구의 위험성 평가**

**4.1 재해강도 및 재해빈도에 기초한 절대적 위험성 평가**

Table 6은 안전인증 또는 자율안전확인 대상 위험기계, 기구별 재해강도와 재해빈도를 단위 재해강도 및 단위 재해빈도와 비교한 것이다. 총 15개 위험기계, 기구 중 분쇄기의 재해강도가 가장 높으며 기계톱의 재해빈도가 가장 높다. 반면에 보유대수를 고려할 경우 고소작업대의 단위 재해강도가 가장 높으며 혼합기 및 분쇄기의 단위 재해빈도가 가장 높다.

Table 5. Estimated number of items in use which are subject to SC or SDC

Machines and devices	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Estimated numbers in use								
i) Weighted average number in use(single manufacturing company)	0.234	0.033		0.371	0.5040	0.9100	0.021	0.321
ii) Ratio of numbers of industrial accidents(Manufacturing/ Non-manufacturing)	0.4966	4.6982		0.0949	0.0188	0.2439	0.1395	0.0248
iii) (Sample survey, (Note 1)) Estimated total numbers in use (manufacturing companies)	25,237	8,898		130,232	135,894	245,363	5,662	86,551
iv) (Sample survey) Estimated total numbers in use (non-manufacturing companies)	12,533	41,804		16,986	2,552	59,845	790	2,150
v) (Sample survey) Estimated total numbers in use	37,770	50,702	0	147,217	138,446	305,208	6,452	88,702
vi) (Complete survey, (Note 2)) Estimated total numbers in use (manufacturing companies)	29,871		1,543	229,128		139,151	11,846	
vii) (Complete survey) Estimated total numbers in use (non-manufacturing companies)			0	6,029		2,623	224	
viii) (Complete survey) Estimated total numbers in use	29,871		1,543	235,157		141,774	12,070	
ix) Ratio of estimated total numbers in use (Sample survey/Complete survey, v/viii)	1.26			0.63		2.15	0.53	
Machines and devices	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮	
Estimated numbers in use								
i)	0.053	0.112	0.036	0.0265	0.0403	0.142	0.474	
ii)	0.2645	0.0208	2.0541	2.4497	0	2.8539	0.8030	
iii)	14,290	30,199	9,707	7,145	10,866	38,287	127,805	
iv)	3,779	629	19,938	17,503	0	109,270	102,631	
v)	18,070	30,828	29,645	24,649	10,866	147,557	230,436	
vi)	17,077	8,893				57,678		
vii)	958	0				3,178		
viii)	18,035	8,893				60,856		
ix)	1.00	3.47				2.42		

Note 1: Sample survey conducted on 259 manufacturing companies.

Note 2: Complete survey conducted by Korea Occupational Safety and Health Agency(KOSHA) in 2009

Table 6. Comparison of severity and frequency of industrial accidents with unit severity and unit frequency

Machines and devices	Estimated numbers in use			Severity	Frequency	Unit severity	Unit frequency
	Manufacturing	Non-manufacturing	Total				
SC items							
Press brake	25,237	12,533	37,770	0	449	0.00	11.89
Sawing machines	8,898	41,804	50,702	3	1,364	0.06	26.90
Elevated working plat-form	1,543	0	1,543	3	16	1.94	10.37
SDC items							
Grinding machine	30,199	7,489	37,688	2	183	0.05	4.86
LatheDrilling machine	135,894	2,552	138,446	2	230	0.01	1.66
Drilling machines	245,363	59,845	305,208	0	473	0.00	1.55
Mixing machine	5,662	790	6,452	9	466	1.39	72.23
Milling machine	86,551	2,150	88,701	2	169	0.02	1.91
Pulverizer	14,290	3,779	18,069	9	455	0.50	25.18
Printing machine	30,199	629	30,828	4	194	0.13	6.29
Food crusher	9,707	19,938	29,645	3	505	0.10	17.03
Food cutter	7,145	17,503	24,648	0	554	0.00	22.48
Food mixer	10,866	0	10,866	3	505	0.28	46.48
Circular saw	38,287	109,270	147,557	0	397	0.00	2.69
Conveyor	127,805	102,631	230,436	8	529	0.03	2.30

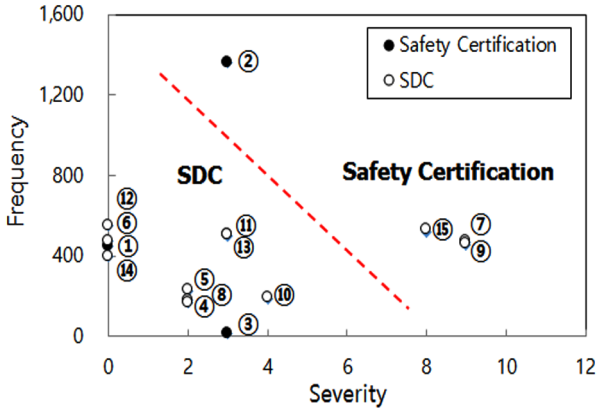


Fig. 1. Severity and frequency of industrial accidents associated with items subject to SC and SDC items in 2009.

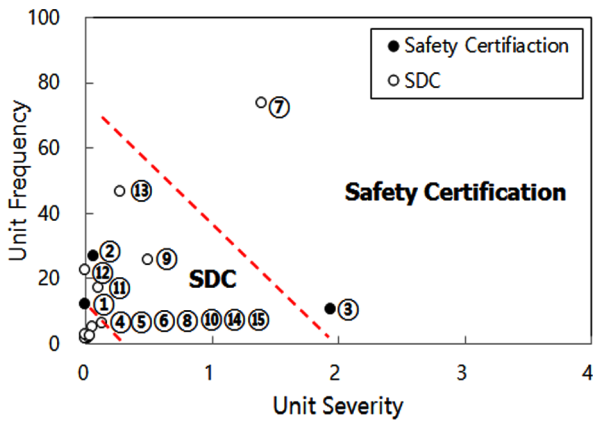


Fig. 2. Unit severity and unit frequency of industrial accidents associated with items subject to safety certification and SDC in 2009.

Table 6의 자료를 기초로 재해강도와 재해빈도의 상관관계를 2차원 평면에 도시하면 차별화되는 위험성을 파악할 수 있다. Fig. 1은 안전인증과 자율안전확인 대상 품목별 2009년도 재해강도와 재해빈도의 상관관계 즉 “절대적” 위험성을 나타낸다. Fig. 1의 오른쪽 위 코너에 위치한 품목은 재해강도 및 재해빈도가 상대적으로 높으므로 절대적인 관점에서 안전인증 대상으로 적합하며 안전인증 대상 품목 중 절곡기가 이에 해당된다. 자율안전확인 대상 품목 중에서도 위험성이 높은 혼합기, 분쇄기, 컨베이어 등은 안전인증 대상으로 적합하며 나머지 대부분의 품목은 적정하다고 판단된다. 보유대수를 고려하지 않은 재해강도와 재해빈도에 기초한 “절대적” 위험성만으로는 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목 선정의 차별화가 정량적으로 설명되지 못하기 때문에 이에 기초한 품목 선정은 위험성 평가결과의 왜곡을 초래할 수 있다.

#### 4.2 단위 재해강도 및 단위 재해빈도에 기초한 위험성평가

Fig. 2는 단위 재해강도와 단위 재해빈도에 기초한 “상대적” 위험성을 2009년도 재해분석 자료를 기초로 안전인증과 자율안전확인 대상 품목에 대해 나타난 것이다. 단위 재해빈도와 단위 재해강도 모두 높아 오른쪽 위 코너에 나타난 위험기계, 기구는 상대적인 관점에서 안전인증 대상으로 적합하고 왼쪽 아래 코너에 나타난 품목의 경우 자율안전확인 대상으로 적절하다. Fig. 2의 정량적인 정보를 고려하면 최근 안전인증 대상 품목으로 지정된 품목 중 고소작업대는 적합하나 절곡기와 기계톱은 부적절함을 알 수 있다.

또한, 자율안전확인 대상으로 지정된 품목 중 혼합기와, 분쇄기는 안전인증 대상 품목이 되어야 하며 일부 품목은 자율안전확인 대상 선정 자체가 부적절한 것으로 판단된다. “절대적” 위험성과 “상대적” 위험성 모두를 고려하면 안전인증 대상 품목 중 절곡기와 고소작업대는 적합하며 기계톱은 부적절하다. 자율안전대상 품목 중 혼합기, 분쇄기 및 컨베이어는 안전인증 대상으로 적합하다. 따라서 기존 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목 선정의 적정성 재검토가 필요하며 앞으로 새로이 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목 지정 시 재해강도와 재해빈도에 기초한 “절대적” 위험성뿐만 아니라 단위 재해강도와 단위 재해빈도가 반영된 “상대적” 위험성도 고려하여 대상품목을 선정하는 것이 바람직하다.

### 5. 결론

안전인증 또는 자율안전확인의 타당성과 실효성을 입증하고 개선하기 위해서는 위험기계, 기구의 위험성 평가가 필수적이다. 일반적으로 특정 위험기계, 기구의 “절대적” 위험성은 보유대수를 고려하지 않고 관련 재해강도(사망자 수)와 재해빈도(부상자와 사망자를 더한 총 재해자수)에 근거하여 판단하고 이에 기초하여 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목으로 지정한다<sup>(1,2,3)</sup>. 그러나 보유대수를 고려한 단위 재해강도(예를 들면, 1000대당 사망자 수)와 단위 재해빈도(1000대당 총 재해자수)에 기초한 “상대적” 위험성 평가는 차별화되는 정보를 포함할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 최근 안전인증 또는 자율안전확인 대상으로 지정된 15개 위험기계, 기구에 대하여 보유대수를 고려한 단위 재해강도와 단위 재해빈도의 관점에서 위험성을 평가하고 대상 지정의 적정성을 검증하였다.

검증 결과에 따르면 “절대적” 위험성만을 고려할 경우 최근 안전인증 대상 품목으로 지정된 3가지 품목

중 절곡기만 적절한 것으로 판단된다. 자율안전확인 대상 품목 중에서 위험성이 높은 혼합기, 분쇄기, 컨베이어 등은 안전인증 대상으로 적합하며 나머지 대부분의 품목은 적정하다. “상대적” 위험성만 고려할 경우 고소작업대만 안전인증 대상으로 적합하다. 또한, 자율안전확인 대상 품목 중 혼합기 및 분쇄기는 안전인증 대상 품목이 되어야 하며 나머지 자율안전확인 대상 품목 중 상당수가 선정 자체가 부적절한 것으로 나타났다. “절대적” 위험성과 “상대적” 위험성 모두를 고려하면 안전인증 대상 품목 중 절곡기와 고소작업대는 적합하며 기계톱은 부적절하다. 자율안전대상 품목 중 혼합기, 분쇄기 및 컨베이어는 안전인증 대상으로 적합하다. 따라서 기존 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목 선정의 적정성 재검토가 필요하며 앞으로 새로이 안전인증 또는 자율안전확인 대상 품목 지정 시 “절대적” 위험성과 “상대적” 위험성 모두를 고려하는 것이 바람직하다. 본 연구의 결과를 조금 더 적극적으로 활용하면 안전인증 또는 자율안전확인과 같은 규제의 실효성을 뒷받침하는 기초자료로 활용할 수 있다.

**감사의 글:** 본 연구는 한성대학교 교내연구비 지원에 의해 이루어졌습니다.

## References

- 1) G. H. Choi, “Enhancement of Safety Certification of Industrial Machines and Devices”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol.28, No.8, pp.7-11, 2013.
- 2) Y. S. Yoon and O. H. Kwon, “A Study on Industrial Injury Analysis for Manufacturing Industry”, Vol.28, No.8, pp. 12-18, 2013.
- 3) G. H. Choi, “Balance and Effectiveness of Direct Regulations on Manufacturers and Users of Industrial Machines”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol.30, No.1, 2015.
- 4) G. H. Choi et al., “Adjustment of Industrial Machines Subject to Safety Inspection”, Research Report, Occupational Safety and Health Research Institute, 2012.
- 5) G. H. Choi, “Cost-Benefit Analysis on Improvement of Regulations for Safety of Industrial Equipments” Research Report, Occupational Safety and Health Research Institute, 2011.