Journal of the Korean Society of Safety
Vol. 35, No. 2, pp. 61-66, April 2020
https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2020.35.2.61

ISSN 1738-3803 (Print)
ISSN 2383-9953 (Online)
http://www.kosos.or.kr/jkosos

석면 해체제거 보양작업에서 JSA 및 Checklist 적용

조규선*†

Application of JSA and Checklist in Asbestos Sealing

Guy Sun Cho*†

†Corresponding Author
Guy Sun Cho
Tel : +82-41-540-9807
E-mail : cho1395@hoseo.edu

Received : December 16, 2019
Revised : February 14, 2020
Accepted : March 12, 2020

Copyright@2020 by The Korean Society of Safety All right reserved.

Abstract : As asbestos-containing buildings are getting older, asbestos deconstruction works are increasing. As a result, accident risks such as falls, cuts, electric shocks, and suffocation are increasing. Existing studies are mostly about health management and institutional policy research and there is little research on work risk. So workplace risk assessments that are easily applicable in the field are required to be applied. Sealing is the first process of asbestos deconstruction and is the first step to ensure worker's safety. Job Safety Analysis(JSA) and Checklist were used to identify the risk factors and to calculate the level of the risk. By comparing the two risk assessment tools, it was figured out that the JSA is appropriate for the initial process and change of work procedure while Checklist is appropriate for repetitive work. Because the sealing process is sort and simple, it is unlikely to cause serious injury. But since the risk of falling and cuts are exist, safety education and supervision are necessary to maintain a safe working environment.

Key Words : asbestos, risk assessment, job safety analysis, checklist

1. 서 론

석면은 물리, 화학적으로 내열, 내마모성, 방음, 단열성 등의 좋은 특성을 가지고 있으며, 값도 저렴하기 때문에 시멘트 (내화재), 건축자재(82%), 직물(5%, 방화재), 개스켓(단열재), 자동차 브레이크라이닝 (11%, 마찰재) 등에 폭넓게 사용되었다[1-2].

석면 원재료의 수입이 활발했던 1970년대에는 새마을운동의 일환으로 전국에 있는 초가지붕을 개량하면서 석면이 함유된 슬레이트 지붕으로 대폭 교체하여 약 96%가 건축자재인 슬레이트에 사용되었고, 1990년대에는 슬레이트와 보온단열재인 건축내장재, 천장판, 석면판 등에 약 82%가 사용된 것으로 알려져 있다.

그러나, 석면은 공기 중으로 흡입하게 되면 약 15~30년의 잠복기를 거쳐 석면폐증, 폐암, 악성중피종을 유발한다. 2000년부터 2007년까지 총 54명의 석면으로 인한 직업병 환자가 발생하였고 2005년 이후에 발생한 환자가 27명으로 보고되었다[3].

국가의 경제성장과 맞물려 30~40년 전에 많이 사용되었던 석면함유 건축자재는 건축물의 노후화에 따라 해체·제거 시점이 도달하게 되었고 국민의 안전의식이 높아 감에 따라 1급 발암물질인 석면함유 물질에 대한 우려가 날이 갈수록 커지고 있는 실정이다.

석면 해체·제거 작업과 관련된 기존의 연구들은 석면 해체·제거 작업의 공기 중 석면농도 및 보건관리 실태에 관한 연구 등 보건적인 측면의 연구들과 석면 해체산업의 활성화를 위한 제도·정책 개선방안 연구 등 이었다. 기존 연구 중에서는 석면 해체·제거 작업 공정의 안전에 대한 연구는 석면 슬레이트 해체작업의 공정분석 및 위험성평가에 관한 연구가 유일하다[4].

석면 해체·제거작업은 초·중·고등학교를 대상으로 광범위하게 실시되고 있으며, 방학기간을 이용해 소규모 업자들이 14,000여개의 소규모현장에서 짧은 공사기간에 적은 공사금액으로 개인보호구의 착용, 안전수칙 준수 등 체계적인 안전관리가 이루어지지 않고 있다(고용노동부, 2015).

*호서대학교 안전환경센터 조교수 (Safety Environment Center, Hoseo University)

따라서 본 연구는 석면 해체·제거 작업에 대한 작업분석을 통해 작업현장에서 손쉽게 사용하고 작업 시의 휴먼에러에 적합한 위험성평가 기법을 활용하여 석면해체·제거 보양작업의 위험성평가를 실시하여 안전측면에서 작업의 위험성을 도출하고 개선방안을 모색하고자 한다.

2. 연구 대상 및 방법

2.1 연구 대상

석면자재가 건물 또는 산업설비의 노후화로 최근 10년 사이에 석면해체제거 작업이 증가하였고 석면의 발암성이 사회적 문제로 대두 되면서 석면해체제거 산업이 급격히 확대되었다. 말비계에서 떨어져 사망, 지붕슬레이트 작업 중 떨어져 사망하는 사고가 발생하고 있으나 건설공사 추락사고로 분류되어 석면작업 중의 사고통계로는 관리되지 않고 있으며 통계에 잡히지 않는 안전사고는 빈발하고 있는 실정이다. 따라서, 석면해체제거작업 초기에 실시하는 보양작업을 위험성평가 대상으로 선정하였고 석면해체작업 시 비닐재질의 보양구조는 Fig. 1[5]과 같으며 그 작업내용은 Table 1, 2에서 설명하였다.

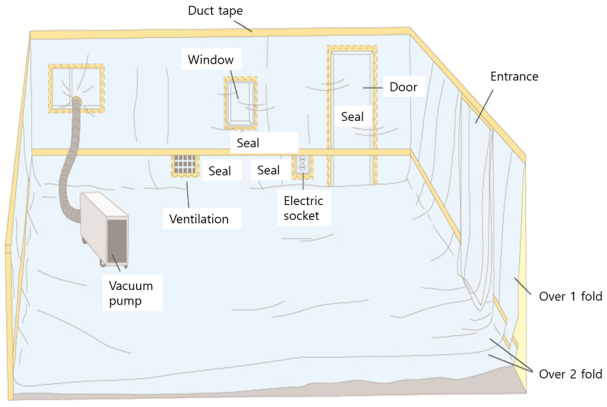

Fig. 1. The component of Sealing working place.

2.2 연구 방법

작업분석을 통해 위험성평가 대상작업의 작업순서와 내용, 위험요소를 발굴하고 작업 시 휴먼에러를 평가하는데 적합한 위험성평가 기법을 선정하였다.

작업안전분석은 정비·보수작업에서 흔히 활용되는 한국산업안전보건공단의 작업안전분석 기법[6]을 참고하여 선정하였다.

체크리스트 기법[7]은 사용의 편리하고 단순작업에서 오랫동안 활용되어 익숙한 한국산업안전보건공단의 체크리스트 평가기법을 참고하여 선정하였다.

3. 연구 결과

3.1 작업 분석

보양작업의 작업단계와 주요한 위험요소를 분류하면 Table 1과 같다.

Table 1. Sealing work contents and risk factors

Step	Work contents	Risk factors
Ready for work	Ventilation system interrupted, Electrical disconnect, Moving furniture, Move Work Tool	choke, Electric shock, Excessive movement, Bump, hit, cut
Ventilation openings, windows, door seals	Ventilation seal, Window seal, Door seal	Falling, Bump, hit, cut, Excessive movement
Floor sealing	Floor sealing	cut, Bump, Excessive movement
Wall seal	Wall seal	cut, Bump, Excessive movement, inhale
Temporary wall installation	Temporary wall installation	Bump, Excessive movement, Falling, hit
Watch Window Installation	Watch Window Installation	cut, Excessive movement
Vacuum pump installation	Vacuum pump move, Vacuum pump install	Excessive movement, Bump, hit
Clean up	Clean up	Excessive movement, Bump, cut, hit

작업단계 중 환기구·창·문 밀폐 작업의 위험요소는 떨어짐, 부딪힘, 맞음, 베임, 무리한 동작이며 재래형 사고성 재해를 유발할 수 있으며 Table 2과 같다.

작업분석의 적절성을 검증하기 위하여 고용노동부, 교육부, 한국산업안전보건공단, 한국환경공단, 한국석면건축물안전관리협회, 한국석면환경협회 등 관련기관의 고시, 매뉴얼, 지침, 길라잡이, 작업표준 등을 참조하였다. 고용노동부 지청에서 추천하는 석면해체제거업자 인터뷰(S등급 업체 3개소), 석면농도 조사기관 요원 인터뷰(석면조사기관협의회 소속 업체 3개소), 고용노동부 지청 감독관 인터뷰(경기지청, 청주지청, 안양지청) 등 심층면담을 통해 비계, 사다리 등 고소작업에 따른 추락위험, 날카로운 물체나 칼에 베이거나 찔릴 위험, 비닐 보양물의 화재위험, 습식작업의 감전위험, 밀폐공간의 질식위험, 전동공구의 감전위험 등이 상존하고 있었다[8].

방학이라는 단기간에 여러 현장이 동시다발적으로 진행됨에 따른 설비부족, 안전조치 미흡, 과로, 피로누적, 관리소홀의 우려 등 현장작업에서 발생할 수 있는 여러 문제점과 대부분의 해체제거업자가 영세하고 작업자의 안전의식이 부족하여 안전조치에 한계가 있음

Table 2. The work contents and risk factors of when get sealed an opening (a ventilating opening and windows, doors)

Step	Work Ccontents	Risk Factors
get sealed a ventilating opening and windows, doors	(Ventilation sealing) Ladder, working platform, scaffolding platform etc. are installed and ventilation are sealed with vinyl sheet	Fall bump Falling object Cut Excessive motion
	(Window sealing) Ladder, working platform, scaffolding platform etc. are installed and windows are sealed with vinyl sheet	Fall bump Falling object Cut Excessive motion
	(Door Sealing) Ladder, working platform, scaffolding platform etc. are installed and doors are sealed with vinyl sheet	Fall bump Falling object Cut Excessive motion

을 확인할 수 있었으며 특히, 보양작업 시 추락과 베임 위험은 항상 주의하고 대책을 마련하여야 할 위험으로 파악되었다.

3.2 작업안전분석

근로자 인터뷰결과, 1년 동안 같은 보양작업을 하는 근로자가 동일한 반복 및 단순작업이므로 사고횟수는 적어 위험성평가기준인 발생빈도(가능성)는 1에서 5점으로 정하였는데 1점은 24개월 1회 발생, 2점은 12개월 1회 발생, 3점은 9개월 1회 발생, 4점은 6개월 1회 발생, 5점은 3개월 1회 발생이다.

또한, 강도(심각성) 1점(무손실)은 아차사고 등 설계상·운전성 향상을 위한 개선을 목적으로 하는 무시할 수준의 사고, 2점(경미)은 가벼운 상처 등 자체 조치가 가능한 수준의 사고, 3점(보통)은 입원 등 전문의료기관 요양을 받아야하는 수준의 사고, 4점(치명적)은 사망사고 등 장애를 초래하는 수준의 사고이다. 발생빈도와 강도는 위험성평가 전문가 1명과 인터뷰에 참석한 전문가 9명의 토론을 통해 결정하였다. 그리고 위험성추정은 곱셈식을 이용한 행렬 조합법으로 Table 3와 같이 정하였다[9].

안전보건공단의 작업안전분석에는 위험성결정 위험수준을 제시하지 않으므로 4M 기법의 위험수준을 준용하여 위험수준 1에서 3점(매우 낮음)은 현재의 안전대책 유지, 4에서 8점(낮음)은 경고표지 부착, 안전정보 제공 및 주기적 안전보건교육이 필요, 9에서 10점(보통)은 보호구 착용 및 감시인 배치 등이 필요, 12점(약간 높음)은 정비·보수 기간에 안전보건 대책을 수립하고 개선, 15에서 16점(높음)은 긴급 안전보건 대책을 세운 후 작업을 실시, 20점(매우 높음)은 즉시 작업

Table 3. The risk matrix of JSA

Freq. \ Sev.	4	3	2	1
5	20	15	10	5
4	16	12	8	5
3	12	9	6	3
2	8	6	4	2
1	4	3	2	1

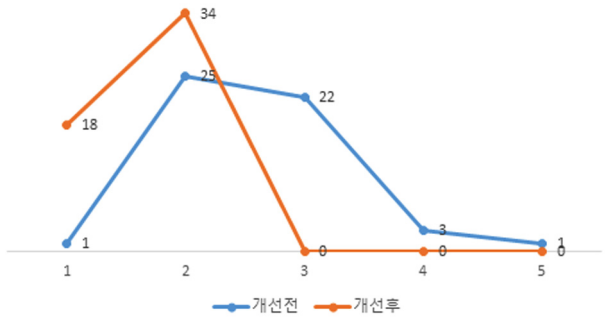

Fig. 2. Reduced risk before and after improvement.

중지 및 개선이다[10].

본 연구에서 석면 해체·제거 보양작업의 작업안전분석결과에 따르면 매우 낮음 수준은 1개, 낮음 수준은 25개, 보통 수준은 22개, 약간 높음 수준은 3개, 높음 수준은 1개 발굴되었고 현재의 안전조치를 통해 보통 수준 이상의 위험을 감소시켜 매우 낮음 수준은 18개, 낮음 수준은 32개로 위험수준을 낮출 수 있었다.

낮은 수준의 위험은 경고표지의 부착, 근로자에게 안전정보 제공 및 주기적 안전보건 교육실시 등으로 위험을 해소할 수 있다.

석면 해체·제거 보양작업 환기구·창·문 밀폐 작업단계의 개선이 필요한 작업안전분석결과는 Table 4과 같으며, 위험수준 8점 이하는 현재의 안전조치만으로도 작업이 가능하나 관리적 안전조치가 유지되어야 하므로 관리소홀로 인한 안전조치가 누락되지 않도록 지속적인 관리가 필요하다.

3.3 체크6리스트

보양작업은 교육부의 중등학교 교실 1실을 기준(바닥면적 66 m^2, 높이 2.6 m)으로 작업면적이 220.4 m^2이며, 작업공간이 크지 않고 작업이 단순하여 작업기간이 2일 정도가 소요되므로 사고발생 횟수는 감소하여 발생빈도 1점은 보양작업 중 사고가 1회 발생, 2점은 보양작업 중 사고가 2회 발생, 3점은 보양작업 중 사고가 3회 이상 발생이다. 또한, 강도 1점(경미)은 운전성 향상을 위한 개선을 목적으로 하는 무시할 수준

Table 4. The sample sheet of JSA to working with sealing an opening (a ventilating opening and windows, doors)

Step	Risk factors	Risk			Current safety action	Risk		
		Frequency	Severity	Risk		Frequency	Severity	Risk
get sealed a ventilating opening and windows, doors	✓ Risk of falling from ladder, working platform, scaffolding platform during sealed operations	3	3	9	✓ Do not use a ladder ✓ working platform, scaffolding platform use ✓ Safety training before work ✓ 2 worker per team ✓ Wear a safety harness and safety helmet ✓ Tool carry in shoulder bag	2	3	6
	✓ Risk of dumping facilities during work due to dark workplace	5	1	5	✓ Proper illumination is secured by installing a sufficient number of mobile power cables and working lamps equipped with earth leakage circuit breaker ✓ Wear a safety helmet and Safety shoes ✓ Safety training before work	2	1	2
	✓ Risk of foot injuries by dropping tools or materials during sealing	5	2	10	✓ Wear safety shoes ✓ Toeboard installation on Scaffolding platform ✓ Safety training before work	2	2	4
	✓ Risk of head, body, arm, leg, foot hit by dropping tools or materials during sealing	4	4	16	✓ Toeboard installation on Scaffolding platform ✓ Wear a safety helmet and Safety shoes ✓ Safety training before work	1	4	4
	✓ Risk of cutting fingers on the knife during sealing	5	2	10	✓ Pre-cut work to fit dimensions in advance in the workshop floor ✓ Proper illumination is secured by installing a sufficient number of mobile power cables and working lamps equipped with earth leakage circuit breaker ✓ 2 worker per team ✓ Safety training before work	4	2	8
	✓ Risk of musculoskeletal disorders such as back pain and stiff shoulders due to excessive motion	4	2	8	✓ 2 worker per team ✓ Stretch before work ✓ Safety training before work ✓ give time to rest	2	2	4

Table 5. The risk matrix of check list

Sev. \ Freq.	3	2	1
4	5	5	3
3	4	4	2
2	3	2	1
1	2	1	1

Table 6. Risk Assessment Results of checklist

계	1	2	3	4	5
Risk level	Negligible Risk	Slight risk	Significant risk	Grave risk	Very grave risk
16	0	1	11	4	0

의 손실일수 없는 사고, 2점(보통)은 휴업일수 4일 미만의 사고, 3점(중대함)은 휴업일수 4일 이상 90일 미만의 사고, 4점(치명적)은 사망, 휴업일수 90일 이상의 사고이다[7]. 발생빈도와 강도는 위험성평가 전문가 1명과 해체제거 업자 3명, 조사기관 요원 3명, 근로감독관 3명과의 토론을 통해 결정하였다. 또한, 위험성추정은 행렬 조합법으로 Table 5와 같이 정하였다.

위험성결정의 위험수준은 사업장에서 일반적으로 사용하는 체크리스트 기법을 준용하여 1점(무시할 수 있는 위험)은 현재의 안전대책을 유지, 2점(경미한 위험)은 보호구 착용, 안전난간 설치, 안전정보 및 주기적 표준작업 안전교육 제공이 필요하나 현 상태로 작업이 가능, 3점(상당한 위험)은 조건부로 계획된 기간에 안전대책을 세워야하는 위험, 4점(중대한 위험)은 긴급 임시 안전대책을 세운 후 작업을 하되 계획된 기간에 안전대책을 세워야하는 위험, 5점(허용불가한 위험)은 즉시 작업중단(작업을 지속하려면 즉시 개선을 실행해야 하는 위험)이 필요한 위험이다[11].

석면 해체·제거 보양작업의 체크리스트 위험성평가는 16개의 평가항목과 106개의 현재 안전조치를 통해 위험도 2가 1개, 위험도 3이 11개, 위험도 4가 4개 도출되었다. 위험도 3 이상은 안전교육, 관리적 대책, 설비개선, 보호구 착용 등의 선 안전조치 후 작업하여야 한다. 석면 해체·제거 보양작업의 체크리스트 위험성평가 결과는 Table 7과 같으며 근로자의 안전을 위하여 지속적인 관리·감독이 필요하다.

Table 7. The sample sheet of check list to working with sealing an opening (a ventilating opening and windows, doors)

No.	Check list	Current safety action	Result		Risk			Action No.	Action
			optimum	fault	Severity	Frequency	Risk		
6	✓ Did you install ladders, working platform, scaffolding platform, etc. during sealing and have safety measures against falling, bumps, hits, cuts and excessive motion when ventilations are sealed with vinyl sheets?	✓ Do not use a ladder ✓ Working platform, scaffolding platform use ✓ Toeboard installation on Scaffolding platform ✓ Safety training before work ✓ Stretch before work ✓ Give time to rest ✓ Sufficient installation of moving power cables and working lamps with earth leakage circuit breaker ✓ Wear a safety helmet and Safety shoes ✓ Organize at any time ✓ Tool carry in shoulder bag		V	3	1	2	6-1	✓ Wear harness
7	✓ Did you install ladders, working platform, scaffolding platform, etc. during sealing and have safety measures against falling, bumps, hits, cuts and excessive motion when windows are sealed with vinyl sheets?	✓ Do not use a ladder ✓ Working platform, scaffolding platform use ✓ Toeboard installation on Scaffolding platform ✓ Safety training before work ✓ Stretch before work ✓ Give time to rest ✓ Sufficient installation of moving power cables and working lamps with earth leakage circuit breaker ✓ Wear a safety helmet and Safety shoes ✓ Organize at any time ✓ Tool carry in shoulder bag		V	3	1	2	7-2	✓ Wear harness
8	✓ Did you install ladders, working platform, scaffolding platform, etc. during sealing and have safety measures against falling, bumps, hits, cuts and excessive motion when doors are sealed with vinyl sheets?	✓ Do not use a ladder ✓ Working platform, scaffolding platform use ✓ Toeboard installation on Scaffolding platform ✓ Safety training before work ✓ Stretch before work ✓ Give time to rest ✓ Sufficient installation of moving power cables and working lamps with earth leakage circuit breaker ✓ Wear a safety helmet and Safety shoes ✓ Organize at any time ✓ Tool carry in shoulder bag		V	3	1	2	8-3	✓ Wear harness
11	✓ If the wall is unstable or the work area is large during the installation of the temporary wall, have you made safety measures against bumps, excessive motion, falling and hitting?	✓ Do not use a ladder ✓ Working platform, scaffolding platform use ✓ Safety training before work ✓ Stretch before work ✓ Give time to rest ✓ Sufficient installation of moving power cables and working lamps with earth leakage circuit breaker ✓ Wear a goggles and Safety shoes ✓ Organize at any time ✓ Tool carry in shoulder bag ✓ Temporary support installation		V	3	1	2	11-4	✓ Wear a safety harness and safety helmet

4. 고 찰

작업안전분석 결과, 무리한 동작, 부딪힘, 맞음, 베임, 떨어짐 등의 위험요소와 준비단계에서 질식과 감전에 대한 위험요소가 발견되었다. 대부분의 위험요소는 안전조치 후 빈도가 감소하여 위험도를 감소시킬 수 있었으나 칼에 베일 위험과 부자연스러운 자세나 갑작스런 힘의 사용은 잔존위험이므로 안전교육을 통해 작업자의 안전의식을 높여야 할 것이다. 특히, 사다리, 작업발판, 비계에서 떨어질 위험은 현재 안전조치 후에도 사다리 사용금지, 안전교육 실시, 안전모・안전대 착용 등의 안전조치가 지속적으로 요구되었다.

체크리스트 위험성평가 결과, 위험도가 높은 ① 환기구 밀폐작업 중 떨어짐 위험, ② 창 밀폐작업 중 떨어짐 위험, ③ 문 밀폐작업 중 떨어짐 위험, ④ 임시벽 설치작업 중 떨어지거나 깔림 위험은 추가적인 안전대책이 필요한 작업이므로 사다리 사용은 금지하고 작업대나 비계 위에서 안전대, 안전모를 착용한 상태로 작

업하는 지를 수시로 확인하여야 할 것이다.

5. 결 론

석면 해체제거작업의 시작인 보양작업의 위험성평가를 통해 위험요인을 발굴하고 그 위험도를 결정하여 작업자의 안전을 기하고자 위험성평가 기법 중 손쉽게 사용할 수 있고 광범위하게 활용되고 있는 작업안전분석과 체크리스트 기법을 활용하였다.

보양작업은 떨어짐 위험을 제외하고는 요양 90일 이상의 중상해 발생가능성은 낮으나 베임, 부딪힘, 맞음 등의 위험은 현장에 늘 존재하므로 작업 시 각별한 주의가 필요할 것이다.

작업안전분석을 통해 작업분석을 상세하게 설명할 수 있었고 그 작업이 가지고 있는 위험요인을 발굴하고 그 심각성과 가능성을 조합한 위험도 순위를 파악하였으며 개선조치의 한계 또한 확인할 수 있었다.

처음으로 보양작업을 하거나 변경된 위험요인을 발굴하기 위한 위험성평가 기법은 작업안전분석이 적정하고, 항상 해오던 작업이나 유사한 작업에는 체크리스트 기법을 활용하여 단시간에 간편하게 위험성을 인지하는 교육적 목적으로 적당할 것이다.

과거에 사용했던 기법이 가장 적합한 기법인지 여부는 주어진 상황을 고려하여 타당성을 확인 후 위험성평가 기법을 선택하여야 할 것이다.

석면 해체제거작업은 보양작업을 시작으로 해체작업, 운반작업, 폐기작업 등이 있으며 작업장소에 따라 실내작업, 지붕위작업, 옥외작업 등이 있다. 이러한 작업에 대한 위험성평가 결과가 없는 실정이므로 향후에도 여러 작업에 대한 위험성평가를 확대하여 작업자의 안전을 확보하여야 할 것이다.

감사의 글: 본 연구는 호서대학교 교내학술연구(기초학문연구 : 20180137)의 지원을 받아 수행함에 감사드립니다.

References

1) Y. M. Roh, M. H. Suk, C. P. Na, K. Y. Kim, T. J. Cho, S. H. Sim and H. C. Ha, “A Research of Infrastructure Standard for Asbestos Abatement in Korea”, Korea Occupational Safety & Health Agency - Occupational Safety & Health Research Institute, p. 2, 2008.
2) Y. M. Roh, “The Standard Methods for the Asbestos Removal Work”, Korea Occupational Safety & Health Agency - Occupational Safety & Health Research Institute, p. 1, 2012.
3) J. Y. Kim, S. K. Lee, J. H. Lee, M. H. Lim, S. W. Kang and Y. G. Phee, “A Study on the Factors Affecting Asbestos Exposure Level from Asbestos Abatement in Building Demolition Sites”, Journal of Korea Industrial Hygiene Association, Vol. 19, No. 1, pp. 8-15, 2009.
4) H. S. Oh, J. M. Kim and S. R. Chang, “A Study on the Process Analysis and the Risk Assessment for Removal Work of the Asbestos Cement Slate”, J. Korean Soc. Saf., Vol. 29, No. 6, pp. 137-143, 2014.
5) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Guide to Dismantling and Removing Asbestos”, p. 32, 2013.
6) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Technical Guidance on Job Safety Analysis, pp. 16-20, 2013
7) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Technical Guidelines for Risk Assessment at Workplace Using Checklist”, pp. 9-12, 2014
8) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Development of Manual for Securing the Safety of Asbestos Demolition Work”, pp. 16-20, 2018.
9) D. M. Lee, “Risk Assessment for Securing Safety of Asbestos Dismantling and Removal Work”, pp. 26-30, 2018.
10) Korea Occupational Safety & Health Agency, “4M Risk Assessment Procedures and Methods”, pp. 25-27, 2007
11) Korea Occupational Safety & Health Agency, “Risk Assessment Guideline”, pp. 39-41, 2017