



### 저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석사 학위논문

석면 슬레이트 해체작업의  
공정분석 및 위험성평가에 관한 연구



안전공학과

김 정 민

공 학 석사 학위논문

석면 슬레이트 해체작업의  
공정분석 및 위험성평가에 관한 연구

지도교수 장 성 록

이 論文을 工學 碩士 學位論文으로 提出함

2015 년 02 월

부경대학교 산업대학원

안전공학과

김 정 민

이 논문을 김 정 민의 공학 석사  
학위논문으로 인준함

2015년 2월 27일

주 심 공학박사 오 창 보 (인)

위 원 공학박사 신 성 우 (인)

위 원 공학박사 장 성 록 (인)

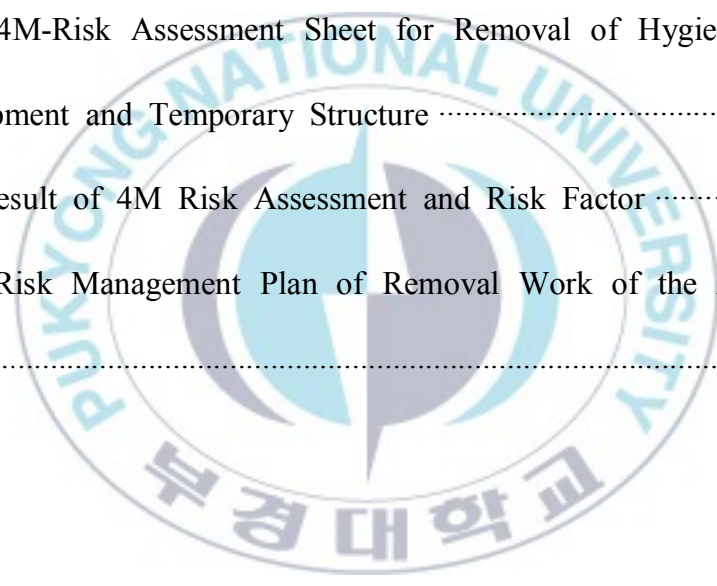
# 목 차

제 1 장 서 론 .....	1
1.1 연구의 필요성 .....	1
1.2 연구의 목적 .....	5
제 2 장 연구대상 및 방법 .....	7
2.1 연구대상 .....	7
2.2 연구방법 .....	8
2.2.1 석면 슬레이트 해체작업의 공정분석(IDEF-0 모델링) .....	8
2.2.2 석면 슬레이트 해체작업의 위험성평가(4M 위험성 평가) .....	11
제 3 장 연구 결과 .....	17
3.1 공정분석 .....	17
3.2 4M 위험성평가 .....	26
3.3 추가 리스크 관리계획 .....	40
3.4 개선 후 4M 위험성평가 .....	44
4. 결론 및 고찰 .....	50
참 고 문 헌 .....	52

## 표 목차

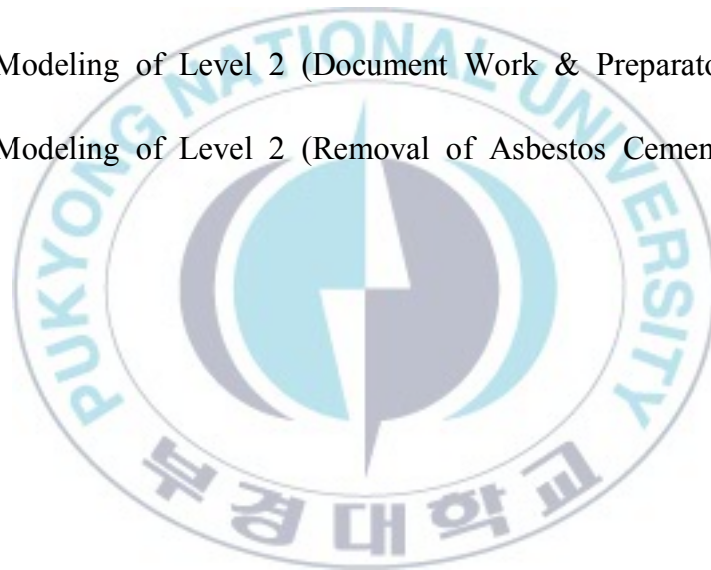
Table 1 History of Police contents related to Asbestos .....	3
Table 2 Materials Containing Asbestos .....	4
Table 3 Frequency of Risk Factors .....	13
Table 4 Severity of Risk Factors .....	14
Table 5 Final Score (Frequency × Severity) of Risk Factors .....	15
Table 6 Criteria of Risk Assessment .....	16
Table 7 List of removal process of asbestos cement slates .....	18
Table 8 The number of unit of IDEF-0 modeling process and 4M risk assessment process .....	27
Table 9 Hazard Information of Safety and Health in Removal Work of the Asbestos Cement Slate .....	27
Table 10 The 4M-Risk Assessment Sheet for Plastic Sheeting .....	29
Table 11 The 4M-Risk Assessment Sheet for Installation of Temporary Structure	30
Table 12 The 4M-Risk Assessment Sheet for Establishing Hygiene Facilities and Negative Pressure .....	31
Table 13 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal of Equipment Test .....	32
Table 14 The 4M-Risk Assessment Sheet for Rope Setting (prevention of falling) · .....	33

Table 15 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal Surrounding Structure .....	34
Table 16 The 4M-Risk Assessment Sheet for Spraying Liquid to Cement Slates .....	35
Table 17 The 4M-Risk Assessment Sheet for Pulling out Nails and Removal of Cement Slates .....	36
Table 18 The 4M-Risk Assessment Sheet for Loading and Packing Waste Material .....	37
Table 19 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal of Hygiene Facilities and Equipment and Temporary Structure .....	38
Table 22 The result of 4M Risk Assessment and Risk Factor .....	47
Table 21 The Risk Management Plan of Removal Work of the Asbestos Cement Slate .....	44



## 그림 목차

Fig. 1 Removal work of the asbestos cement slates .....	7
Fig. 2 Arrow Positions and Roles .....	9
Fig. 3 Decomposition construction of an IDEF-0 model .....	10
Fig. 4 Procedure of 4M Risk Assessment .....	12
Fig. 5 IDEF-0 Modeling of Level 0 .....	20
Fig. 6 IDEF-0 Modeling of Level 1 .....	21
Fig. 8 IDEF-0 Modeling of Level 2 (Document Work & Preparatory Work) .....	23
Fig. 9 IDEF-0 Modeling of Level 2 (Removal of Asbestos Cement Slates) .....	24





A Study on the Process Analysis and the Risk Assessment  
for Removal Work of the Asbestos Cement Slate

JEONGMIN KIM

Department of Safety Engineering  
Graduate School of Industry,  
Pukyong National University

**Abstract**

Asbestos is given to a variety of six naturally occurring silicate minerals. These minerals possess high tensile strength, flexibility, resistance to chemical and thermal degradation, and electrical resistance. These minerals have been used for decades in thousands of commercial products, such as insulation and fireproofing materials, automotive brakes, textile products, cement and wallboard materials. When handled, asbestos can separate into microscopic-size particles that remain in the air and are easily inhaled. It is now known that prolonged inhalation of asbestos fibers can cause serious and fatal illnesses including malignant lung cancer, mesothelioma, and asbestosis. Therefore the use of asbestos and asbestos products has dramatically decreased in recent years. Also all constructions

including asbestos should be removed under strictly controlled conditions and very tightly implemented health & safety management systems. In this study, the process of the removal work of the asbestos cement slate was analyzed by IDEF-0 modeling and evaluated by 4M risk assessment method. The results showed that removal work of the asbestos cement slate was classified five processes and eighteen detail processes. The pulling out nails and removal of cement slates in detail processes was the most highest risk average score(11.43) in 4M risk assessment. The risk factors of high score in removal work of the asbestos cement slate was improved after 4M risk assessment. For example, when the anti-spattering agent was sprayed onto the slate, slipping and falling due to moss on the slate was improved to change working method that drying more than 1 hour after spraying the anti-spattering agent or spraying only around nails. The risk of safety side was higher than the risk of health side in 4M risk assessment.

# 제 1 장 서 론

## 1.1 연구의 필요성

석면이란 백만년전에 화산활동에 의해 발생한 화성암의 일종으로 사문석(Serpentine) 및 각섬석(Amphibole)계의 자연광물에서 채취된 섬유 모양의 규산염 화합물로서 구불구불한 섬유다발 형태의 사문석계 석면에는 백석면(Chrysotile)이 있으며, 날카로운 바늘형태의 각섬석계 석면에는 갈석면(Amosite), 청석면(Crocidolite), 투각섬석(Tremolite), 양기석(Actinolite), 직섬석(Anthophyllite) 등 5종의 섬유상 광물이 포함된다. 백석면은 극히 가볍고 유연성과 품질이 매우 뛰어나 세계 석면 사용량의 약 93% 이상을 차지하고 있으며, 주요 생산지로는 캐나다의 퀘벡지방과 러시아의 우랄지방 등이 있다.

석면은 뛰어난 내화성, 방부성, 단열성, 내마모성, 강한 인장력, 절연성으로 건설자재로는 각종 석면 슬레이트, 비닐타일, 벽의 칸막이, 천장재 온수파이프 등으로 사용되었다. 또한 브레이크 라이닝, 클러치 페이싱, 디스크 패드 등의 마찰재 및 윤활제, 접착제, 페인트 등의 첨가제로서 사용되고 있을 뿐만 아니라 방화용 및 방음용 부착재, 전선의 피복재, 기계·기구의 단열재, 개스킷, 실링재, 그리고 화학약품공업에서 쓰이는 필터류 등으로 이용되고 있다. 특히 석면은 광물성 무기물로 대표적인 무기물인 시멘트와 결합이 잘되어 시멘트를

주원료로 생산되는 시멘트 가공 건축자재에 가장 많이 사용되었다<sup>1-3)</sup>.

우리나라에서는 과거 소량의 석면이 생산되었으나, 산업체에 사용된 석면은 거의 전량을 수입에 의존하였다. 수입량은 60년대부터 차츰 증가하여 80~90년대 연간 8만 톤 정도가 수입되어 가장 정점을 이루었고, 90년대 후반부터 차츰 감소하여 2006년도에는 6천 톤 정도만 수입되었다. 수입 석면의 80% 이상이 건축자재로 사용되었는데, 70년대에는 약 96%가 건축자재인 슬레이트에 사용되었으나, 90년대에는 슬레이트와 보온단열재인 건축내장재, 천장재, 바닥재 등에 약 82%를 사용하여 왔다<sup>4)</sup>.

그러나 최근에 와서야 석면이 인체의 호흡기를 통해 흡입되어 악성중피종, 석면폐, 폐암 등을 일으킨다는 것이 밝혀졌고, 1997년 WHO(World Health Organization) 산하 국제암연구소(IARC, International Agency for Research Cancer)에서 석면을 1급 발암물질로 지정하였다. 국내에서는 1990년 7월 산업안전보건법 및 시행규칙에 석면을 특정 화학물질 1류로 분류했고, 1997년 5월 청석면, 갈석면의 제조·수입·양도·제공 또는 사용금지를 대통령령으로 개정되었고, 1999년부터 2003년까지 석면함유물질 및 석면 종류에 따른 추가사용금지 조항이 공포되었으며, 석면의 노출기준을 2개/cc에서 0.1개/cc로 강화하였다. 그리고 2003년 7월 산업안전보건법 및 산업보건기준에 관한 규칙이 개정되면서 석면해체·제거작업 허가제 및 해체·제거작업의 조치기준을 신설하여 건축물 해체·제거작업을 엄격히 관리하도록 하였다<sup>3,5)</sup>. 그리고 2009년부터는 석면 해체·제거업체 등록제도 및 석면조사

기관 지정제도, 석면정도관리 제도 등을 시행하였다. 따라서 현재의 법제도하에서 석면 및 관련 제품의 제조, 수입, 사용 단계에서는 근로자의 석면노출 가능성은 근본적으로 차단되어 있는 상태이지만, 기존 석면이 포함된 건축자재 또는 석면이 함유된 설비를 제거 및 해체하는 작업과 이들 폐기물을 수집, 운반 및 처리하는 근로자는 석면 노출가능성이 높은 작업이다. 노동부의 석면 관련 정책 연혁은 Table 1과 같다<sup>6,7)</sup>.

**Table 1 History of Police contents related to Asbestos**

Year	Policy contents related to Asbestos
1997	<ul style="list-style-type: none"> <li>Using a partial ban on the use blue asbestos, brown asbestos</li> </ul>
2002	<ul style="list-style-type: none"> <li>0.1 pieces per 20-fold enhancement in two of asbestos exposure limit 1cm<sup>3</sup></li> </ul>
2003	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asbestos hazardous substances subject to authorization for such manufacture, use and demolition, asbestos removal work measures based on new</li> <li>Dismantle the equipment or buildings that contain asbestos, the competent provincial Department of Labor authorized in advance removal</li> <li>The hazards of asbestos kind to strong biotite, add Actinolite, anthophyllite, tremolite banned substances</li> </ul>
2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>Building demolition and reconstruction increased, whether such report upon report containing asbestos</li> <li>If asbestos-containing building code enforcement to notify the competent Department of Labor Rule Amendment</li> </ul>
2007	<ul style="list-style-type: none"> <li>Job-specific attributes to reflect the revised rules, enforcement of occupational health standards</li> <li>Asbestos-containing products are prohibited manufacture, import, use, etc.</li> </ul>
2008	<ul style="list-style-type: none"> <li>Field Redevelopment Asbestos Management held a joint policy briefing</li> <li>Customized site provides safe working methods and technical support</li> <li>Asbestos redevelopment site monitoring environmental measures promotion</li> <li>Strengthen supervision for proper disposal of asbestos lung</li> </ul>
2009	<ul style="list-style-type: none"> <li>Underwent talc containing asbestos workers handling process protections</li> <li>Specify system for safe asbestos researcher dismantling of asbestos removal</li> <li>Dismantled for safe removal of asbestos demolition and removal company registration system</li> <li>Asbestos Asbestos analysis capabilities for validation and quality control improvements</li> <li>Searching Authority and asbestos asbestos removal contractor demolition provisions of the Workforce Training</li> </ul>

석면 슬레이트는 1960년대 후반부터 초가지붕을 슬레이트로 교체하는 것을 새마을운동의 주요 역점사업으로 시작하여 도시공장은 물론 농어촌 지붕 개량사업으로 많이 사용되었고, 2006년 산업안전보건법 시행령의 개정으로 생산이 중단되었다<sup>8)</sup>.

건축자재 중 석면함유물질과 석면함유량은 Table 2와 같다<sup>9)</sup>.

**Table 2 Materials Containing Asbestos**

Division	product	Asbestos content (%)	Whether scattering
Walls, ceilings,	External Spray	1-95	O
	Plastering material	1-95	O
	asbestos cement sheet	20-50	X
	Spackle	3-5	O
	connection binder	3-5	O
	hard paperboard	80-85	O
	vinyl wall covering	6-8	X
	insulation, insulation board	30	O
Floor	vinyl-asbestos tile	21	X
	asphalt-asbestos tile	26-33	X
	floor elasticity gum	30	X
	Mastic cohesionant	5-25	O
Roofs and facades	Roof felt	10-15	X
	felt single	1	O
	roof single	20-32	O
	roof tile	20-30	O
	outer wall single	12-14	O
	clapboard	12-15	O

Table 2와 같이 석면은 지붕재뿐만 아니라 벽, 천장, 바닥, 외벽 등 우리 주변에 건축자재의 구성요소로 널리 사용되었고, 해당 건축자재를 철거할 때

석면의 비산으로 인해 철거 근로자 및 인근 주민의 건강에 심각한 문제를 야기할 수 있다.

## 1.2 연구의 목적

석면 해체작업이란 산업안전보건기준에 관한 규칙 제452조4항에 석면함유 설비 또는 건축물의 파쇄, 개·보수 등으로 인하여 석면 분진이 흩날릴 우려가 있고 작은 입자의 석면폐기물이 발생하는 작업으로 정의하고 있다. 또한 산업안전보건법 제38조의4항에 반드시 고용노동부장관에게 등록된 전문 석면해체·제거업자를 통하여 작업해야한다. 석면 해체·제거업자를 통한 석면 해체·제거 대상의 기준은 ①철거·해체하려는 벽체재료, 바닥재 천장재 및 지붕재 등의 자재에 석면이 1%(무게 퍼센트)를 초과하여 함유되어 있고, 그 자재의 면적의 합이 50m<sup>2</sup> 이상인 경우, ②석면이 1%(무게 퍼센트) 초과하여 함유된 분무재 또는 내화피복재를 사용한 경우, ③석면이 1%(무게 퍼센트) 초과하여 함유된 단열재, 보온재, 개스킷, 패킹재, 실링재 그밖에 사용자재의 면적합이 15 m<sup>2</sup> 또는 부피의 합이 1m<sup>3</sup>이상인 경우, ④파이프에 사용된 보온재에서 석면이 1%(무게 퍼센트) 초과하여 함유되어 있고, 그 보온재 길이의 합이 80m<sup>2</sup> 이상인 설비나 건축물이다. 그리고 해체·제거 작업 근로자와 인근 주민의 건강상 안전을 위해 해체·제거 작업시 작업장소 밀폐, 개인보호구 착용, 습식작업 등 석면 해체·제거 작업 기준을 준수하여야 한다<sup>6,10,11</sup>).

사업장의 유해·위험요인을 찾아내어 위험성을 결정하고 근로자의 위험 또는

건강장해를 방지하기 위하여 추가적인 조치를 취할 수 있도록 2013년 6월 12일에 산업안전보건법 제41조의2에 위험성평가에 대한 조항이 신설되었다. 그리고 고용노동부고시 제2014-14호에 사업장 위험성평가에 관한 지침이 개정되면서 2014년부터 사업장의 위험성평가제도가 법제화 되었다.

석면 해체작업과 관련된 기존의 연구들을 조사한 결과 석면 해체작업의 공기 중 석면농도 및 보건관리실태에 관한 연구 외 다수는 보건적인 측면의 연구들이었다<sup>12-19)</sup>. 그리고 석면해체산업의 활성화를 위한 제도·정책 개선방안 연구 외 다수는 석면 해체작업의 문제점과 개선방안을 제시한 연구들이었다<sup>20-27)</sup>. 석면분진이 인체에 미치는 영향이 크기 때문에 석면 해체작업과 관련된 대부분의 연구들은 석면 노출과 관련한 보건적 측면의 실태조사와 정책 및 제도에 관한 연구들이 대부분이었다. 그러나 기존 연구들 중에서는 석면 해체작업 공정의 안전측면을 고려한 연구는 없는 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 석면 슬레이트 해체작업에 대한 공정분석과 위험성평가를 실시하여 안전측면에서 석면 슬레이트 해체작업의 위험성을 도출하여 개선방안을 모색하고자 한다.



## 제 2 장 연구대상 및 방법

### 2.1 연구대상

법적으로 일정량 이상 석면이 함유된 모든 설비나 건축물들이 석면 해체작업에 해당되고, 석면의 사용용도가 다양하여 석면 해체작업의 범위는 광범위하다 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 석면 해체·제거작업 중 빈도가 높고, 현장에서 위험성이 높다고 판단한 석면 슬레이트(지붕재) 해체작업을 대상으로 공정분석과 위험성평가를 실시하였다.



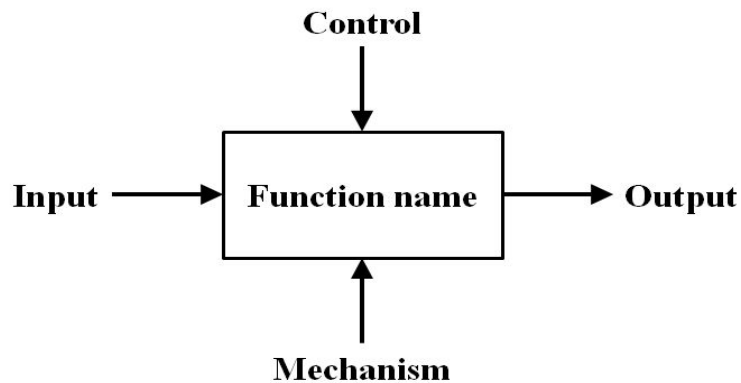
Fig. 1 Removal work of the asbestos cement slates

## 2.2 연구방법

석면 슬레이트 해체작업의 위험성평가를 수행하기 위해 해체작업에 대한 공사계약부터 석면 슬레이트 해체 완료까지의 전체 공정을 IDEF-0 모델링(Integration DEFinition-0 Modeling)을 이용하여 공정분석을 실시하였다. 그리고 공정분석자료를 바탕으로 석면 해체작업의 현장 전문가 5명과 위험성평가 전문가 1명이 브레인스토밍을 통해 위험요인을 도출하였다. 위험성평가 방법으로는 4M 기법을 이용하였다.

### 2.2.1 석면 슬레이트 해체작업의 공정분석(IDEF-0 모델링)

IDEF는 1981년 미 공군의 ICAM(Integrated Computer Aided Manufacturing) 프로그램에서 시리즈로 개발되었다. IDEF 시리즈 중 가장 먼저 개발된 IDEF-0 모델링은 기업, 조직의 실체를 추상화하여 모델링(As-Is)하고 작성된 모델의 체계적인 분석을 통해 문제점을 추출하여 개선된 기업의 모델(To-Be)을 설계할 수 있도록 개발된 시스템분석, 설계 방법론으로 기능모형(function modeling) 구축을 위해 조직이나 시스템의 의사결정, 행동, 활동을 모델링 할 수 있다<sup>28,29)</sup>. IDEF-0 모델링은 Fig. 2와 같이 박스 형태의 function name과 화살표로 구성된 input, output, control, mechanism으로 이루어져 있다.



**Fig. 2 Arrow Positions and Roles**

Function name은 수행되는 기능의 활동을 나타내며, input은 수행되는 활동을 위해 투입되는 입력물이나 선행공정의 산출물을, output은 활동의 결과로 발생한 산출물이나 후행 공정의 입력물을 의미한다. Control에는 일정 계획, 지침 등 활동의 수행을 통제할 수 있는 방법들을 표시하고, mechanism에는 활동을 위해 필요한 인력이나 장비와 같은 자원들을 표시한다<sup>30-32</sup>.

IDEF-0 모델링은 Fig. 3에서와 같이 하나의 활동인 function name을 세부 단위 공정이 있을 경우 더 자세하게 서브 기능들로 분해할 수 있는 multi-level model로 구성할 수 있다. 이러한 서브 기능들로 분해하는 작업은 어떤 특정 업무가 복잡하고 많은 기능의 활동들을 가진 구조일 경우, 필요한 만큼의 상위 기능들로 묶어서 분류하여 한 눈에 파악하기 쉬운 활동들로 표현하고, 상위 기능들 속에 하향식으로 서브 기능들을 계속해서 표현할 수 있기 때문에 전체적으로 복잡한 구조의 모델을 쉽게 이해할 수 있다. level 0에서는 가장 큰 기능인 분석하고자 하는 대상을 나타내고, level 1, level 2, level 3 방식의 하향식으로 상위 기능에서 서

브 기능으로 활동들을 표현한다<sup>33,334</sup>).

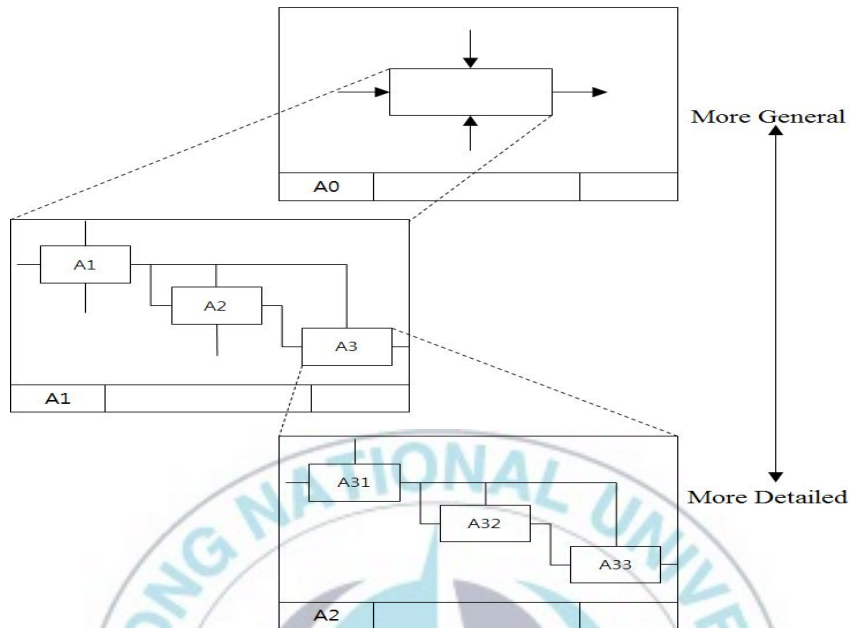


Fig. 3 Decomposition construction of an IDEF-0 model

본 논문에서 IDEF-0 모델링에서 level 0에서 level 2까지 서브 기능들로 분석되었다. Level 0에서는 공정분석을 하고자하는 대상작업인 건축물의 석면 슬레이트 해체/제거 작업을 상위 기능의 활동으로 분석하였다. 그리고 서브 기능인 level 1에서는 석면 해체/제거 공사 계약, 석면 함유량 조사, 폐기물 처리계약, 서류작성 및 사전 준비작업, 석면 슬레이트 해체/제거 작업 등 5개 기능들의 활동으로 분석되었다. Level 1 기능들의 활동 중 서류작성 및 사전 준비작업과 석면 슬레이트 해체/제거 작업 2가지 기능들의 활동은 level 2에서 각각 7개, 11개의 서브 기능들의 활동으로 분석되었다.

### 2.2.2 석면 슬레이트 해체작업의 위험성평가(4M 위험성 평가)

위험성평가 기법 중에 하나인 4M 위험성 평가 기법은 공정(작업)내 잠재하고 있는 유해·위험요인을 인적(Man), 기계적(Machine), 물질·환경적(Media), 관리적(Management)의 4가지 분류로 위험성을 파악하여 위험제거 대책을 제시하는 방법으로 평가기준은 한국산업안전공단의 4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)의 빈도, 강도, 위험도를 이용하였다<sup>35)</sup>.

4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)에 따른 4M 위험성평가의 추진절차는 Fig. 3과 같다.

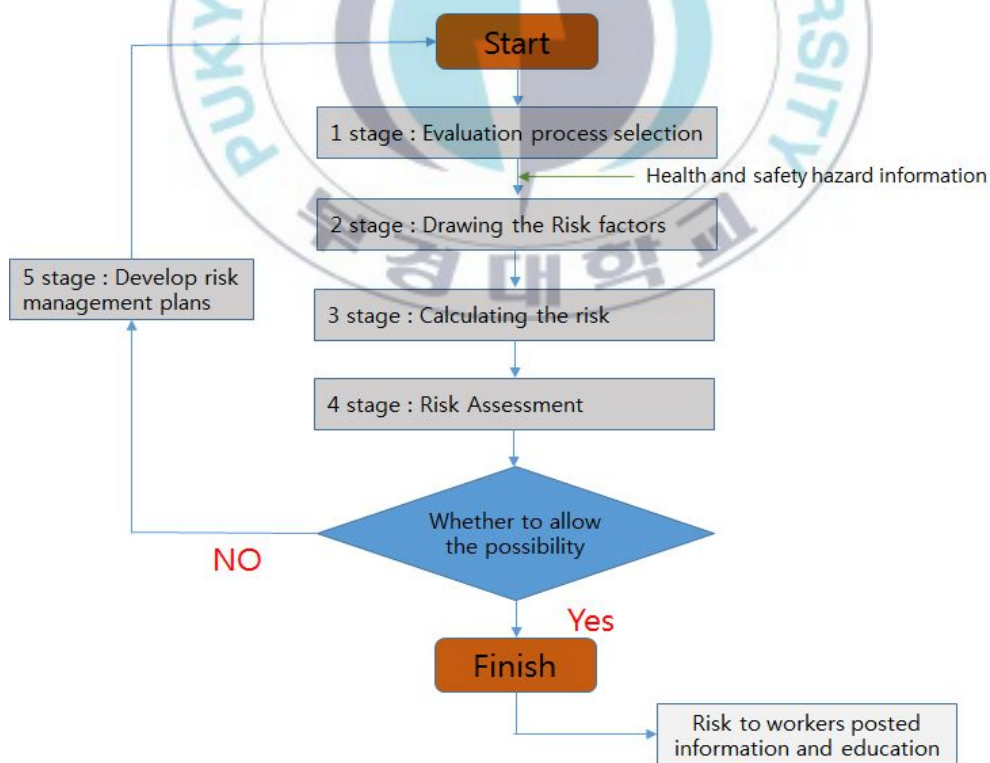


Fig. 4 Procedure of 4M Risk Assessment

4M 위험성평가 시 도출되는 문서는 안전보건상 위험정보, 위험성평가표, 추가리스크 관리계획서 3가지이다. 먼저 평가대상 작업을 선정하여 해당 공정을 단위공정으로 분류하여 작업순서와 기계·기구 및 설비, 기타 안전보건상 정보 등을 작성하였다. 안전보건상 위험정보를 작성할 때, IDEF-0 모델링의 공정분석 자료를 기본정보로 활용하였다. 두 번째로 각 단위공정을 인적(Man), 기계적(Machine), 물질·환경적(Media), 관리적(Management) 4가지 분류로 위험요인을 도출하였다. 그리고 현재의 안전조치와 빈도 및 강도, 위험도를 결정하여 위험도가 허용할 수 없는 범위의 위험요인은 위험도를 낮추기 위한 추가 리스크 관리계획을 작성하고, 추가 리스크 관리계획으로 인한 개선 후의 빈도 및 강도, 위험도를 결정하는 위험성평가표를 작성하였다. 마지막으로 단위 공정에서 도출된 추가 리스크 관리계획들을 취합하여 평가대상작업, 리스크 관리 계획, 리스크 관리계획 실행, 확인일자 등을 기입하는 추가 리스크 관리계획서를 작성하였다.

석면 슬레이트 해체작업의 4M 위험성평가는 위험성평가 전문가 1명과 석면 해체·제거 작업 전문가 5명이 브레인스토밍을 통해 위험요인을 도출하였다. 석면 해체·제거 작업 전문가 5명의 경력은 최고 10년에서 최소 3년이었고, 평균 경력은 6.2년 이었다. 또한 브레인스토밍을 실시할 때, 노동부의 최근 3년간 석면해체 작업의 사고사례를 위험요인 도출의 자료로 활용하였다.

브레인스토밍으로 도출된 각 단위공정들의 위험요인들에 대하여 위험요인이 사고로 발전할 수 있는 발생빈도(발생 가능성)와 발생 시 피해강도(피해

심각성)를 결정하고 발생빈도와 피해강도의 곱으로 위험도 수준을 결정하였다. 그리고 결정된 위험도 수준에 따른 위험도 평가 기준으로 허용할 수 있는 범위의 위험인지, 허용할 수 없는 위험인지를 판단하여 허용할 수 없는 위험은 위험도를 낮추기 위한 개선방안을 모색하여 추가 리스크 관리계획을 세우고 개선 후의 위험도(빈도×강도)를 다시 결정하였다.

발생빈도와 피해강도, 위험도 수준 결정, 위험도 평가 기준은 4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)의 기준을 참고하였다. 4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)에서 발생빈도의 위험수준은 5단계로, 피해강도의 위험수준은 4단계로 분류하고 있으며, 각 위험수준에 대한 분류 기준은 Table 3, 4와 같다.

**Table 3 Frequency of Risk Factors**

Description	Level	Specific Individual Item
Improbable	1	Near miss accident occurred 1~2 cases per year
Remote	2	Near miss accident occurred 3~4 cases per year
Occasional	3	1 case a disaster occurs in 3 years or near miss accident occurred 5~6 cases per year
Probable	4	2 case a disaster occurs in 3 years or near miss accident occurred 7 cases per year
Frequent	5	1 case occurred more than 3 years serious accidents 3 case a disaster occurs in 3 years or near miss accident occurred 8 cases per year

**Table 4 Severity of Risk Factors**

Intensity level	Level	Days lost due to accidents	Noise	Health problems caused by chemicals degree
Negligible	1	No loss days	Under 80 dB(A)	Skin, mucous membranes mild eye irritation
Marginal	2	lost days less than 99 days	80~84 dB(A)	A single exposure to irreversible health effects, strong corrosive, strong irritation with a single exposure (reversible)
Critical	3	lost days 100~309 days	85~89 dB(A)	Skin sensitization, suffocation and chemical effects, reproductive toxicity
Catastrophic	4	lost days more than 310 days	more than 90 dB(A)	Asthma, cancer, genetic damage

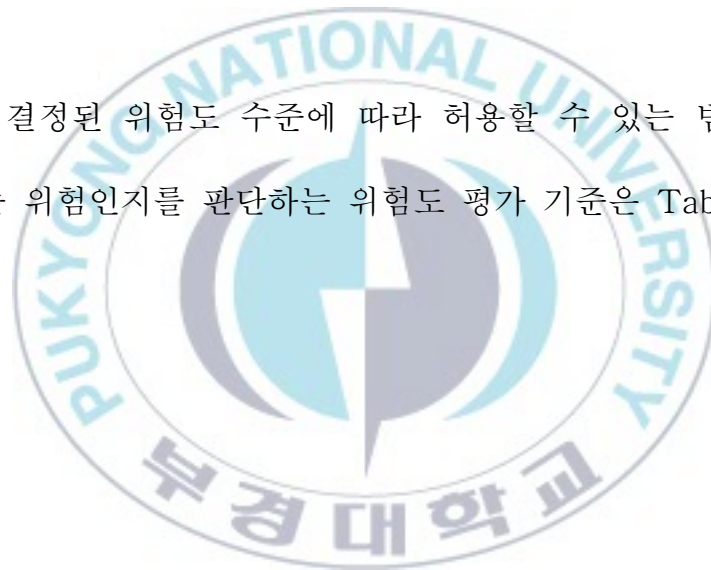
각 위험요인에 대한 위험도 계산은 발생빈도와 피해강도의 곱으로 위험도 수준을 결정하였으며, 위험도 수준은 Table 5와 같이 최소 1점에서 최대 20점으로 이루어져 있다.



**Table 5 Final Score (Frequency × Severity) of Risk Factors**

		Severity			
		Negligible	Marginal	Critical	Catastrophic
Frequency	Level	1	2	3	4
	Improbable	1	1	2	3
Remote	2	2	4	6	8
Occasional	3	3	6	9	12
Probable	4	4	8	12	16
Frequent	5	5	10	15	20

최종적으로 결정된 위험도 수준에 따라 허용할 수 있는 범위의 위험인지, 허용할 수 없는 위험인지를 판단하는 위험도 평가 기준은 Table 6과 같다.



**Table 6 Criteria of Risk Assessment**

Risk level		Practices	Remark
1~3	Ignorable risk	Maintain current safety measures	Allowed to hazardous work (Continued work with the current state)
4~6	Negligible risk	Safety information and periodic work safety standards Risks that require the provision of education	
8	Slight risk	Labeling, including written work procedures necessary administrative measures the risk of danger	
9~12	Significant risk	Planned maintenance, safety hazard reduction measures in the maintenance period	Conditionally permitted hazardous work (But continue to work, should be subjected to risk reduction activities)
15	Grave risk	Established a temporary emergency safety measures after the operation, but a planned maintenance / repair should have a risk to safety measures in the period	
16~20	Very grave risk	Stop work immediately (to continue the work that needs to run the risk of immediate improvement)	Improved risk job immediately (Must be improved immediately work)

본 연구에서는 발생빈도와 피해강도의 곱이 9점 이상인 위험요인은 위험도를 낮추기 위한 추가 리스크 관리계획이 필요한 것으로 기준을 정하고, 석면 슬레이트 해체 작업에서 단위공정별로 9점 이상의 위험요인에 대하여 개선방안을 마련하여 추가 리스크 관리계획에 작성하였다. 또한 9점 미만의 위험요인들 중에서도 위험도를 더 낮출 수 있는 개선방안이 도출되는 경우, 그 개선방안과 개선 후의 위험도를 추가 리스크 관리계획에 작성하였다.

## 제 3 장 연구 결과

### 3.1 공정분석

석면 슬레이트 해체작업에 대하여 공정전문가 5명의 brain storming을 통하여 공정을 분석한 결과 Table 7과 같이 5개의 공정과 18개의 세부공정으로 진행되었다.



**Table 7 List of removal process of asbestos cement slates**

Level 0	Level 1	Level 2	
Slate asbestos demolition of buildings	Contract Asbestos demolition / removal construction		
	Content Asbestos Survey		
	Contract Waste disposal		
	Paperwork and preparation work		Writing Dismantling of asbestos report
			Recreation vinyl asbestos demolition workshop
			temporary structure installation for dismantling
			Installation sanitation and pressure equipment
			MOL site inspections
	Dismantling of asbestos slate		Make asbestos slate dismantling equipment
			Asbestos demolition workplace safety education
			Install fall protection ropes
			Dismantling other structures
			Shatterproof chemicals sprayed on the slate
			Slate nail removal
			Slate dismantling
		Waste slate loading	
	Recreated Loaded Slate Waste withdrawal Sanitation and equipment		
	Demolition temporary structure		
	Waste transport and landfill reporting Complete dismantling		

석면 슬레이트 건축물을 해체하기 위해 먼저 고용노동부장관에게 등록된 전문 석면 해체업자와 공사계약을 체결하고 건축물의 석면 함유량을 조사 및 전문 석면 폐기물 처리업체와 폐기물 처리계약을 체결한다. 그리고 노동부 및

지자체에 석면 해체 신고를 위한 서류작성 및 석면 분진발생을 예방하기 위한 사전준비 작업 후 노동부의 허가를 받고 석면 슬레이트를 해체하고 노동부와 지자체 및 발주자에게 해체 완료를 보고함으로써 석면 슬레이트 해체작업이 완료된다.

서류작성 및 사전 준비 작업의 세부공정으로 7개의 작업이 도출되었다. 석면 해체작업 신고서를 작성하고, 석면 해체작업이 이루어질 작업장에 석면분진이 외부로 비산되는 것을 막기 위해 작업장을 비닐로 보양을 한다. 그리고 슬레이트가 지붕재 이기 때문에 원활한 작업을 위해 고소 작업을 위한 작업대와 비계 등과 같은 가설구조물을 설치하고, 탈의실, 갱의실, 샤워실 같은 위생 설비 및 석면 분진을 포집하는 음압장비를 설치한다. 사전준비 작업이 완료되면 노동부 근로감독관의 현장 점검을 통해 작업 허가를 받게 되고, 석면 슬레이트 해체 시 사용할 장비를 확인하고, 석면해체 작업장 안전교육을 통해 작업이 시작된다.

석면 슬레이트 해체작업의 세부공정으로는 11개가 도출되었다. 석면 슬레이트 해체를 위한 본격적인 작업이 시작되면 용마루 등 지붕에서 가장 튼튼한 부분에 추락방지 로프를 설치하고, 석면 슬레이트 해체작업에 방해가 되는 슬레이트 주변 기타 구조물들을 해체한다. 그리고 석면 분진의 비산을 최소화하기 위해 슬레이트 못 주변에 비산방지 약품을 살포하고, 장도리 등을 이용하여 슬레이트의 못을 제거한다. 못이 제거된 슬레이트를 뜯어내어 아래쪽 작업자에게 전달하고, 지상의 작업자들은 폐슬레이트를 적재한다. 그리고 적재된

폐슬레이트를 외부로 운반하기 위해 석면분진의 비산 방지 조치로 폐슬레이트를 비닐 보양을 하고 폐기물 수집 운반차로 이동시킨다. 폐슬레이트 운반이 끝나면 사전 작업으로 설치된 위생설비 및 장비들을 철수하고, 가설구조물들을 해체한다. 사전준비 작업에 사용된 자재들 중 석면 분진에 오염된 폐비닐, 폐자재 등도 비닐로 보양을 하고 폐기물 수집 운반차에 상차시킨 뒤 폐기물 운반 및 매립이 이루어지고, 관공서와 발주자에게 해체완료 보고를 함으로써 모든 석면 슬레이트의 해체작업이 완료된다.

공정분석 자료 및 석면 해체작업과 관련된 산업안전보건법, 석면 해체·제거 작업지침(KOSHA Guide), 현장의 작업지시서 등을 참고하여 IDEF-0 방법론으로 모델링하였다. Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6은 석면 슬레이트 해체작업 공정에서 level 0(Fig. 3), level 1(Fig. 4), level 2(Fig. 5, Fig. 6)에 대한 IDEF-0 모델링을 나타내고 있다.

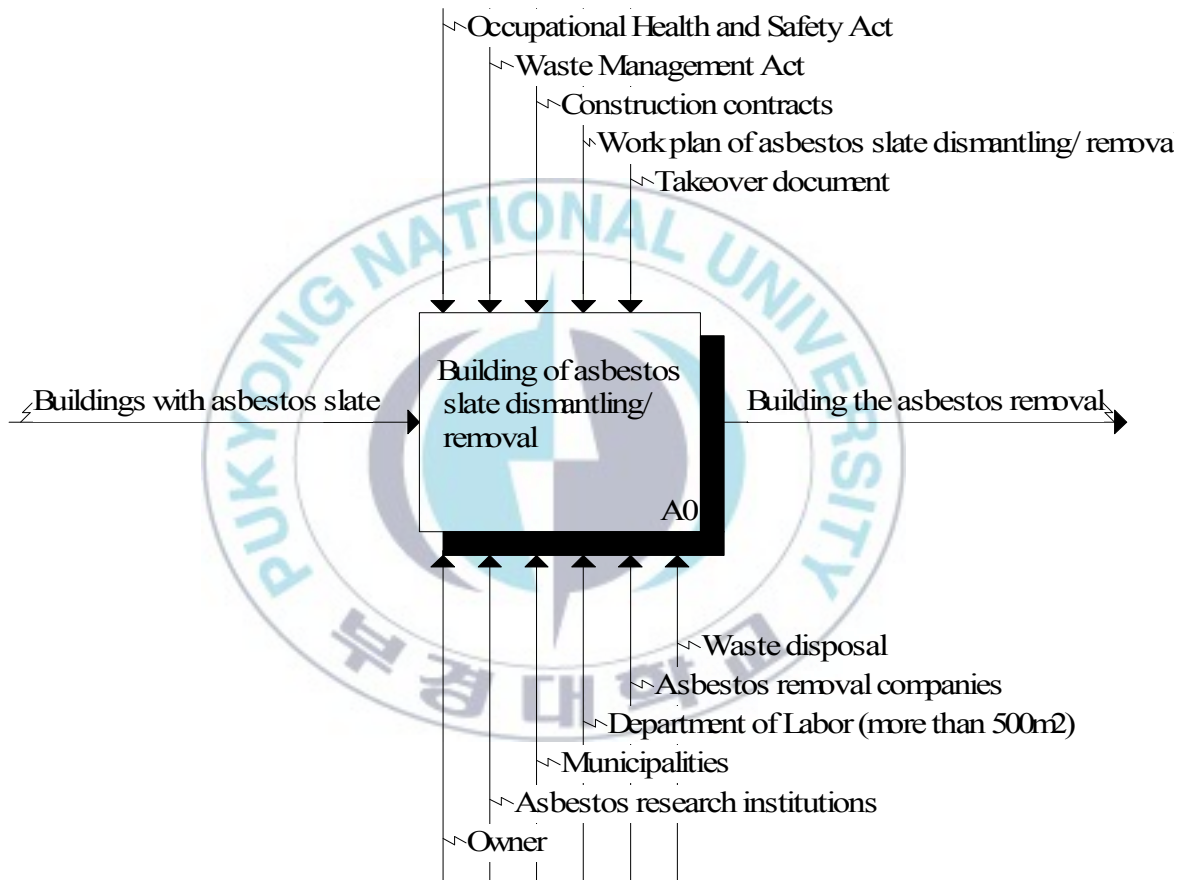


Fig. 5 IDEF-0 Modeling of Level 0

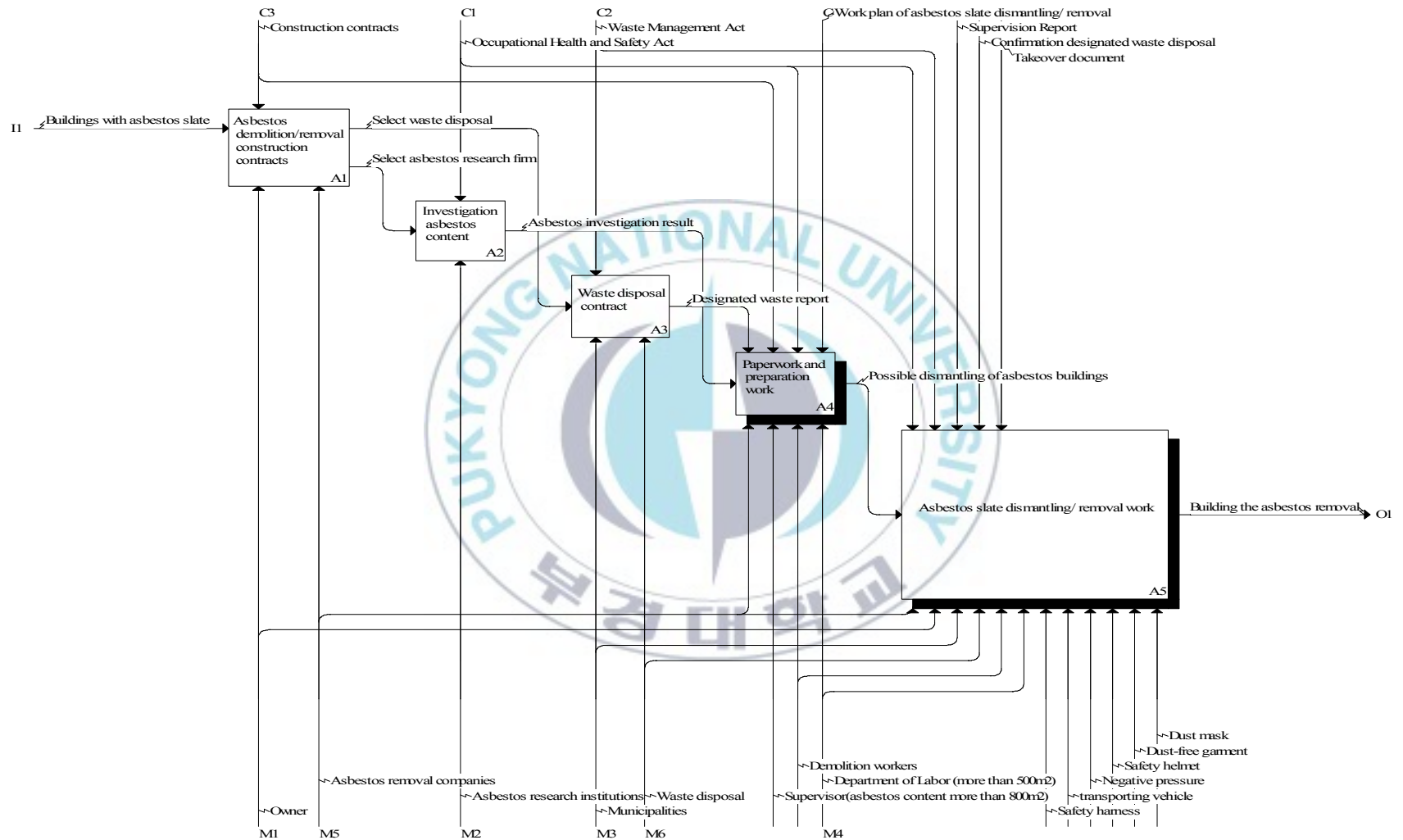


Fig. 6 IDEF-0 Modeling of Level 1



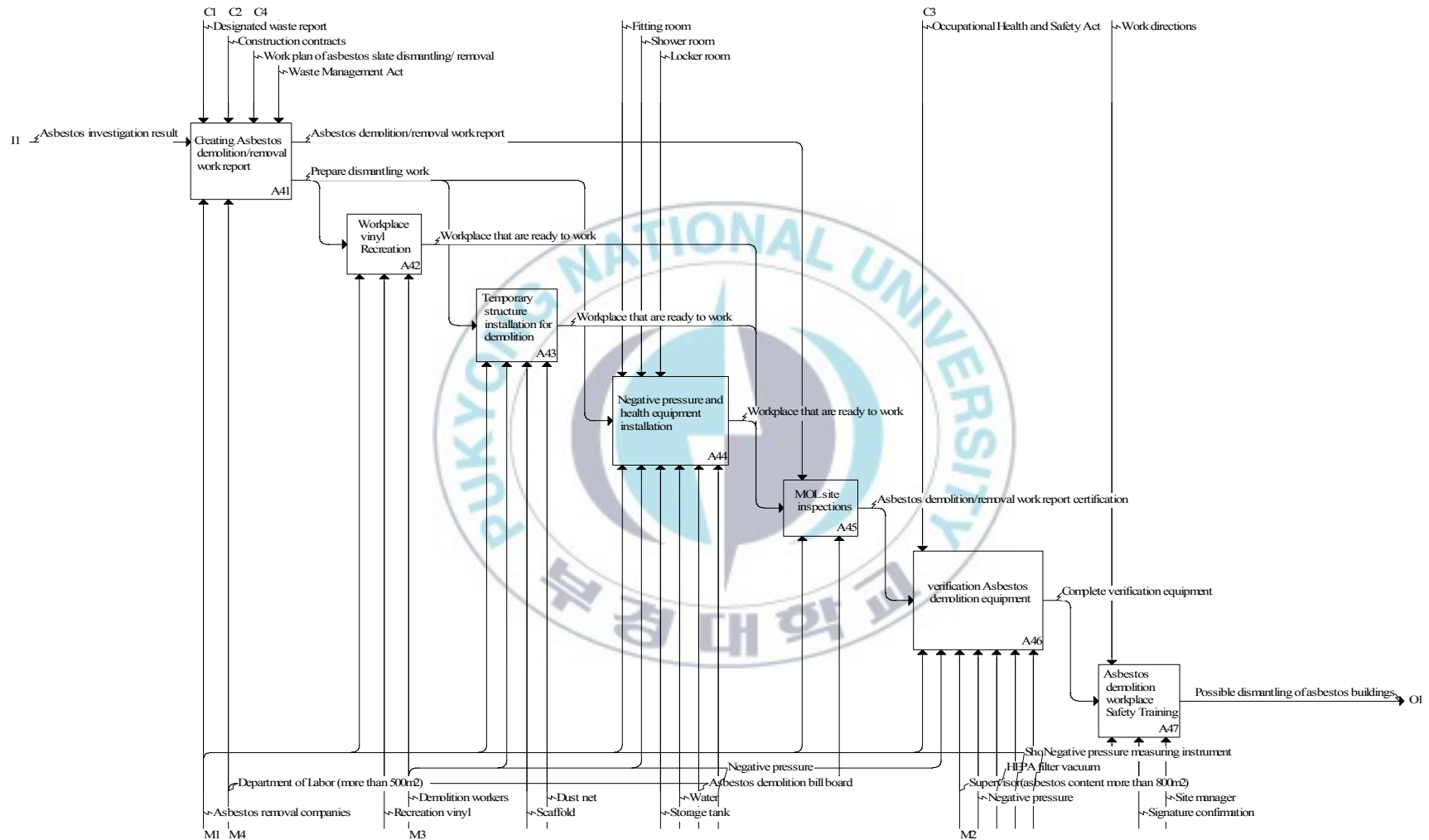


Fig. 7 IDEF-0 Modeling of Level 2 (Document Work & Preparatory Work)

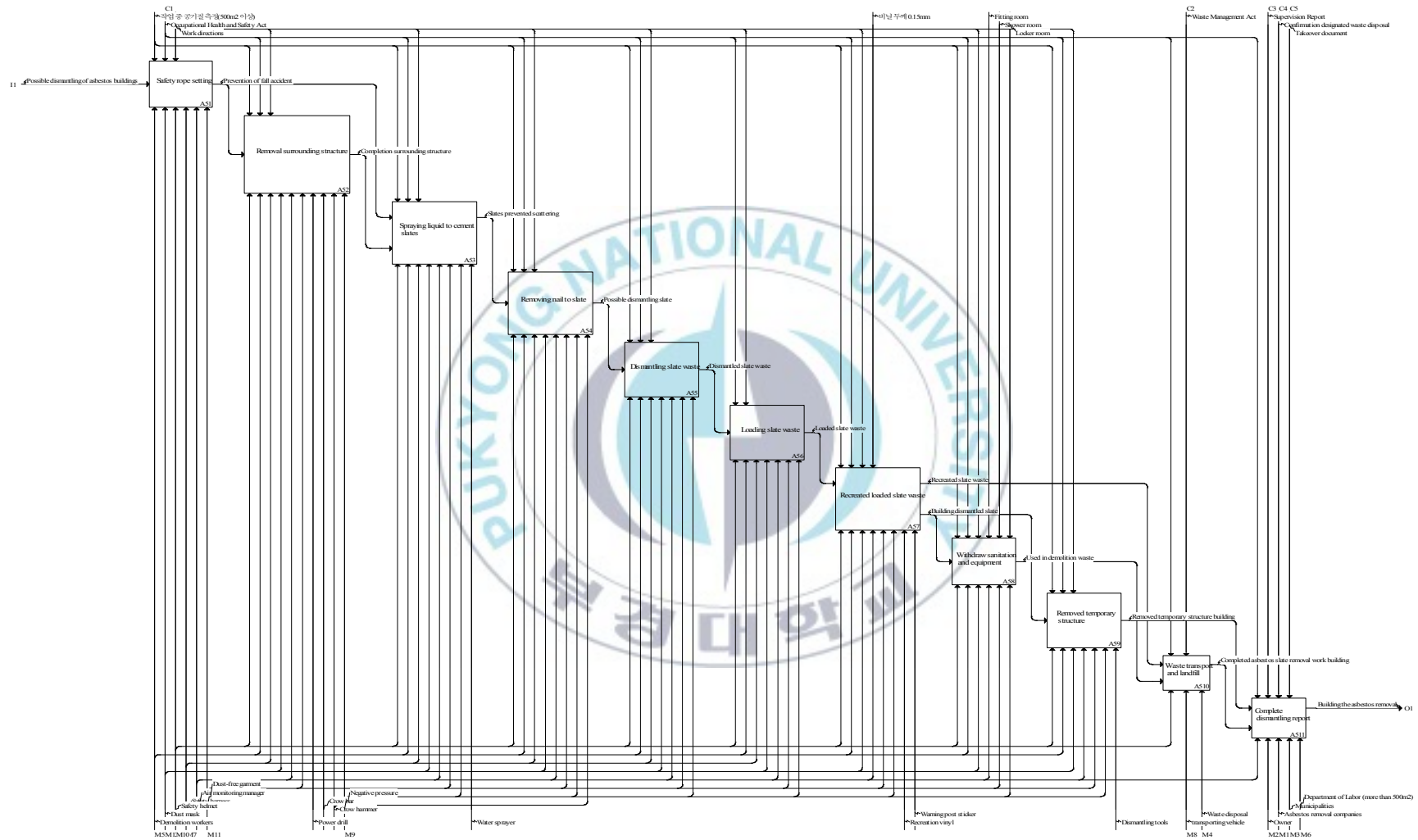


Fig. 8 IDEF-0 Modeling of Level 2 (Removal of Asbestos Cement Slates)

석면 슬레이트를 사용한 건축물을 제거하기 위해서 사용되는 control은 공사계약서, 산업안전보건법, 폐기물관리법, 석면 해체·제거 작업 계획서, 감리보고서, 지정폐기물 신고서, 지정폐기물 처리확인서, 인계서, 탈의실, 샤워실,更衣실, 작업지시서, 500m<sup>2</sup> 이상일 경우 작업 중 공기질 측정, 두께 0.15mm 이상의 보양비닐 등 14개의 항목이 있으며, mechanism으로는 발주자, 석면제거업체, 석면조사기관, 폐기물 처리업체, 노동부, 지자체, 감리인(석면 함유량 800m<sup>2</sup> 이상), 현장소장, 해체인력, 확인서명, 방진마스크, 안전모, 안전그네, 방진복, 공기질 측정자, 음압기, 음압장비, 음압측정기, 장도리, 전동드릴, 빠루, 분무기, 분진망, 비계, 물, 저장수조, 샤워부스, 석면해체 입간판, 위험표지 스티커, HEPA필터 청소기, 가설구조물 해체공구, 운반차량, 보양비닐 등 33개 항목이 있는 것으로 분석되었다.

### 3.2 4M 위험성평가

IDEF-0 방법론으로 모델링 된 공정분석을 바탕으로 4M 위험성평가를 수행하였다. 공정분석에서 서류작업들과 석면 슬레이트 해체 완료 이후에 수행되는 폐기물 운반 및 매립을 제외한 13개의 석면 슬레이트 해체 작업공정을 추출하였다. 폐기물 운반 및 매립은 폐기물 수거업체 업무로 석면 슬레이트를 해체하는 현장 작업과 별개이기 때문에 제외하였다. 그리고 추출된 13개의 세부 단위 작업공정 중 “슬레이트 못 제거와 슬레이트 해체”, “폐 슬레이트 적재와 폐 슬레이트 보양”, “위생설비와 장비 철수와 가설구조물 해체”의 6개의 공정은 연속적으로 이루어지는 공정으로 원활한 위험성평가를 위해 2개 공정을 1개의 공정으로 통합하여 총 10개의 단위공정으로 도출하였고, 위험성평가를 수행하였다. IDEF-0 모델링에서 추출된 13개의 공정과 4M 위험성평가를 위해 통합된 10개의 공정은 Table 8과 같다.

**Table 8 The number of unit of IDEF-0 modeling process and 4M risk assessment process**

IDEF-0 process	Risk assessment process
Plastic sheeting	Plastic sheeting
Installation of temporary structure	Installation of temporary structure
Establishing hygiene facilities and Negative Pressure	Establishing hygiene facilities and Negative Pressure
Removal of equipment test	Removal of equipment test
Rope setting (prevention of falling)	Rope setting (prevention of falling)
Removal surrounding structure	Removal surrounding structure
Spraying liquid to cement slates	Spraying liquid to cement slates
Pulling out nails	Pulling out nails and removal of cement slates
Removal of cement slates	
Loading waste material	Loading and packing waste material
packing waste material	
Removal of hygiene facilities and equipment	Removal of hygiene facilities and equipment and temporary structure
Removal of temporary structure	

IDEF-0 모델링의 공정분석 정보는 4M 위험성평가표 작성 전에 선행되는 안전보건상 위험정보의 공정순서, 기계·기구 및 설비 등에 대한 상세내용 작성을 위한 기본정보로 활용하였다.

한국산업안전공단의 4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)에서 제공하는 안전보건상 위험정보 양식을 석면해체 작업의 특성에 맞게 몇 가지 항목들을 수정하였고, 석면 슬레이트 해체작업의 안전보건상 위험정보는 Table 9와 같다.

**Table 9 Hazard Information of Safety and Health in Removal Work of the Asbestos Cement Slate**

Name	Removal Work of the Asbestos Cement Slate	safety & health risk information (for Removal Work of the Asbestos)		Code No.	4M-RD-001
Process(working) order	Machines, tools and facilities		Other safety & health information		
	Machines, tools and facilities name	amount			
Plastic sheeting	0.15mm plastic (removal of cement slates), strong binding post-tensioning force tape		flowable	<input type="radio"/> Example of disaster occurrence for three years: fall and slip - 3 times(contusion: 3 times) <input type="radio"/> Example of near miss : <input type="radio"/> Worker composition and career characteristics	
Installation of temporary structure	Scaffold bar, linked clip, wrench, runway, Four shatterproof scaffolding			female worker <input type="checkbox"/> old age worker <input type="checkbox"/> foreigner worker <input type="checkbox"/>	intra-annual nonexpert <input type="checkbox"/> temporary worker <input checked="" type="checkbox"/> regular worker <input checked="" type="checkbox"/> handicapped worker <input type="checkbox"/>
Establishing hygiene facilities and Negative Pressure	Shower set, billboard, water, storage tank, negative pressure equipment				
Removal of equipment test					
Rope setting (prevention of falling)	16∅rope, rope linked-ring				
Removal surrounding structure	Hammer, crowbar, electric drills, small breaker				
Spraying liquid to cement slates	Absorbing material, anti-scatter				
Pulling out nails and removal of cement slates	Claw hammer				
Loading and packing waste material	0.15mm plastic(two layers packing), strong binding post-tensioning force tape, asbestos storage sticker				
Removal of hygiene facilities and equipment and temporary structure					<input type="radio"/> Working on shifts (yes <input type="checkbox"/> , no <input checked="" type="checkbox"/> ): two shifts <input type="radio"/> Means of transportation (machinery <input checked="" type="checkbox"/> , manual <input checked="" type="checkbox"/> ): truck, hand push type car <input type="radio"/> Need to license of safety work (yes <input checked="" type="checkbox"/> , no <input type="checkbox"/> ) <input type="radio"/> When manual material handing task, unit weight (12kg) and handling form (pick up <input checked="" type="checkbox"/> , push <input checked="" type="checkbox"/> , pull <input type="checkbox"/> ) <input type="radio"/> Measure working environment (yes <input checked="" type="checkbox"/> , no <input type="checkbox"/> , not applicable <input type="checkbox"/> ) <input type="radio"/> Need extracurricular safety activities for work (yes <input checked="" type="checkbox"/> , no <input type="checkbox"/> )

석면 슬레이트 해체작업의 10개 단위공정에 대한 전문가들의 4M 위험성 평가결과는 Table 10~19와 같다.

4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)에 따라 10개의 단위공정들을 인적(Man), 기계적(Machine), 물질·환경적(Media), 관리적(Management)으로 분류하여 위험요인들을 도출하였으며, 빈도 및 강도의 점수를 결정하여 빈도와 강도의 곱으로 위험도를 산정하였다.

노동부의 최근 3년간 석면해체 작업의 사고사례와 경력 3~10년의 석면 해체·제거 작업 전문가 5명의 아차사고 등의 경험을 바탕으로 브레인스토밍을 통해 4M 리스크 평가 기법에 관한 기술지침의 빈도 및 강도 점수표를 참고하여 위험도를 결정하였다.



**Table 10 The 4M-Risk Assessment Sheet for Plastic Sheeting**

Process Name (Code)	Plastic sheeting (A)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)					No.	4M-RA-001
							Date	2014. 05. 22.
Average risk score	3.00			Evaluator	Kim. other than 6			
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Plastic sheeting	Man	○ slip and sprain on slippery plastic	○ safety education and put on safety shoes	1	2	2	A-1	
		○ when tapping task, get a cut for cutter knife	○ wear safety gloves	1	1	1		
	Machine	○ fall in hide opening or broken water collecting basin or weak floor	○ talk to check	3	2	6		
	Media							
	Management	○ The wall under the influence of wind recuperation recuperation work off bad tape, etc.	○ Pre education, stone fixing, bonding of the two spray adhesives, etc.	3	1	3		



Table 11 The 4M-Risk Assessment Sheet for Installation of Temporary Structure

Process Name (Code)	Installation of Temporary Structure (B)		4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.	4M-RA-002
							Date	2014. 05. 22.
Average risk score	4.25				Evaluator	Kim. other than 6		
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Installation of Temporary Structure	Man	○ risk of fall in installation of temporary structure	○ wear anti-slip coating groves, safety shoes or safety harness	2	2	4		
		○ fall accident of materials or equipment, etc.	-	3	2	6		
	Machine	○ when didn't fix hard, scaffold fall on account of wind pressure in Installation of Temporary Structures.	○ 비계봉과 클립을 깔깔이로 단단히 고정 후 흔들어서 확인	5	1	5		
	Media							
	Management	○ materials have crash risk in top and bottom work at the same time.	○ prohibition top and bottom work at the same time, safety education before work and accident case education	2	1	2		

**Table 12 The 4M-Risk Assessment Sheet for Establishing Hygiene Facilities and Negative Pressure**

Process Name (Code)	Establishing Hygiene Facilities and Negative Pressure(C)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.		4M-RA-003	
						Date		2014. 05. 22.	
Average risk score	5.50		Evaluator		Kim. other than 6				
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.		
				Frequency	severity	위Risk 험도			
Establishing Hygiene Facilities and Negative Pressure	Man	○ fracture or bruise get jammed in negative pressure (load is vary with the volume normal 50~60kg)	○ wear anti-slip coating groves, safety shoes or safety harness, carry using level	2	1	2	C-1		
		○ manual handling of negative pressure cause musculoskeletal disease (load is vary with the volume normal 50~60kg)	○ carry more two worker	2	3	6			
	Machine	○ when sanitary arrangement install, equipment collapse on account of strong wind	○ check strong fix for strong wind	5	1	5			
	Media	○ shortness of breath with heat stroke caused by dust mask and disinfected overgarment sheds a lot of sweat in hot summer	○ drink saline solution, grape sugar, ion drink in chowtime	3	3	9	C-2 C-3		
Management									

**Table 13 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal of Equipment Test**

Process Name (Code)	Removal of equipment test (D)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.	4M-RA-004
						Date	2014. 05. 22.
Average risk score	4.50			Evaluator	Kim. other than 6		
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.
				Frequency	Severity	Risk	
Removal of Equipment Test	Man	○ The collapse of billboards finger pinch		1	1	1	
	Machine						
	Media						
	Management	○ Decrease in the strength of the rope connected to the harness ring	○ check supervisors directly ○ journal writing checks	2	4	8	D-1

**Table 14 The 4M-Risk Assessment Sheet for Rope Setting (prevention of falling)**

Process Name (Code)	Rope Setting (prevention of falling) (E)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)					No.	4M-RA-005
							Date	2014. 05. 22.
Average risk score	3.25			Evaluator	Kim. other than 6			
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Rope Setting (prevention of falling)	Man	○ conducted in fall protection and fall hazards hanging rope	○ Connect the harness work	2	2	4		
		○ worker injury hazard under such missed for hammer	○ Non-slip coated gloves, hammer check before working hammer	1	4	4		
		○ when installing fall protection rope, roofing collapse or overshoes crashed into a slippery slide	○ Riding the crest install rope to expert	1	4	4		
	Machine							
	Media							
	Management	○ Not implemented safety education for the prevention of falls	○ incidents examples and safety training before working after creating safe journal	1	1	1		

**Table 15 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal Surrounding Structure**

Process Name (Code)	Removal Surrounding Structure (F)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.		4M-RA-006	
						Date		2014. 05. 22.	
Average risk score	6.00					Evaluator		Kim. other than 6	
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.		
				Frequency	Severity	Risk			
Removal Surrounding Structure	Man	○ worker injury hazard under such missed for hammer	○ Non-slip coated gloves, hammer check before working hammer ○ don't work in top and bottom at the same time.	2	2	4			
	Machine	○ Scaffolding fall hazards can not be secured (1~2m)	○ Fall prevention in connection with the scaffolding parts during installation	2	2	4	F-1		
	Media	○ shortness of breath and fall with heat stroke caused by dust mask and disinfected overgarment sheds a lot of sweat in hot summer ○ Lung disease caused by inhalation of cement and asbestos dust	○ drink saline solution, grape sugar, ion drink in chowtime ○ Express mask and disinfected overgarment, safety shoes, overshoes worn	5	4	20	F-2 F-3		
	Management	○ Not implemented safety education about the dangers of asbestos dust	○ safety training before work	1	1	1			

**Table 16 The 4M-Risk Assessment Sheet for Spraying Liquid to Cement Slates**

Process Name (Code)	Spraying Liquid to Cement Slates (G)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.		4M-RA-007	
						Date		2014. 05. 22.	
Average risk score						8.50		Evaluator	
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.		
				Frequency	Severity	Risk			
Spraying Liquid to Cement Slates	Man	○ Slipping and falling due to moss on the slate when spray anti-spattering agent onto the slate	○ wear safety harness	4	4	12	G-1		
		○ overshoes are slippery conduction and crash	○ wear safety harness	5	4	20	G-2		
	Machine								
	Media	○ Fugitive wetting agents or chemicals sprayed during inhalation	○ downwind sprinkling	1	1	1			
Management	○ Safety training and accident cases described yet executed	○ Extensive explanation and education about the accidents that can happen to a worker	1	1	1				

**Table 17 The 4M-Risk Assessment Sheet for Pulling out Nails and Removal of Cement Slates**

Process Name (Code)	Pulling out Nails and Removal of Cement Slates (H)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.	4M-RA-008	
						Date	2014. 05. 22.	
Average risk score	11.43		Evaluator	Kim. other than 6				
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Pulling out Nails and Removal of Cement Slates	<b>Man</b>	Risk of falling (not using Safety harness hook in removal of slates).	Checking for supervisors.	3	4	12	H-1	
		Slipping and falling related to slippery overshoes on the slates.	Wearing harness.	5	4	20	H-2	
		The occurrence of musculoskeletal disorders for heavy weight slates.	Divide into groups of two for work.	3	2	6		
	<b>Machine</b>	Risk of falling for collapse due to corrosion of support plate.	Working after check support plate and wearing safety harness.	5	4	20	H-3	
	<b>Media</b>	The occurrence of fatal illnesses for inhalation of asbestos dust.	Wearing special grade dust mask and protective clothing.	1	1	1		
		Risk of falling and heat stroke occurs by protective clothing and dust respirator (sweating a lot and respiratory distress) in summer.	Consumed saline solution, grape sugar and ion drink in the morning and lunch time.	5	4	20	H-4 H-5	
<b>Management</b>		shortage of explanation for safety education in removal of asbestos slates.	TBM activity before work and after lunch.	1	1	1		

**Table 18 The 4M-Risk Assessment Sheet for Loading and Packing Waste Material**

Process Name (Code)	Loading and Packing Waste Material(I)	4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)					No.	4M-RA-009
							Date	2014. 05. 22.
Average risk score	4.43						Evaluator	Kim. other than 6
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Loading and Packing Waste Material	Man	○ Slate constriction when loading	○ 2-in-1 loading	3	2	6		
		○ If you want to feast your vinyl double, sliding conduction	○ Safety helmets, safety shoes, wear and tidy workplace	2	1	2		
		○ When dismantling heavy slate Musculoskeletal Diseases(30kg)	○ 2-in-1 loading	3	2	6		
	Machine	○ When loading the brick with the support slats load fall	○ plastic careful not to tear operations, Energy confirmation, express wear dust masks	1	2	2	I-1	
○ asbestos dust scattering be torn plastic		2		1	2			
○ If you a part in making crack down and dismantle slate, lower worker has been stressed stream is interrupted slate shock me this face and body(fracture, cuting)		3		4	12			
Media	○ Lung disease caused by dust inhalation of asbestos slate	○ Express mask and disinfected overgarment, safety shoes, overshoes worn	1	1	1			
Management								



**Table 19 The 4M-Risk Assessment Sheet for Removal of Hygiene Facilities and Equipment and Temporary Structure**

Process Name (Code)	Removal of Hygiene Facilities and Equipment and Temporary Structure (J)		4M-Risk Assessment (for Removal Work of the Asbestos)				No.	4M-RA-010
							Date	2014. 05. 22.
Average risk score	3.50				Evaluator	Kim. other than 6		
Job statement	Category	Risk factors	Current safety action	Current risk			Plan of risk management code No.	
				Frequency	Severity	Risk		
Removal of Hygiene Facilities and Equipment and Temporary Structure	Man	○ Such as falling during dismantling scaffolding rod or clip, dangerous flying objects	○ Helmets, eye protection wear, fall protection ring connection	2	3	6		
		○ Not following the dismantling scaffolding collapsed during demolition order	○ Working order in accordance with the instructions of the supervisor compliance, up and down prohibit simultaneous operations	2	3	6		
	Machine							
	Media	○ Inhalation of asbestos dust remaining in the lung caused by sanitary equipment	○ Hepa filter vacuum cleaner suction, after removal wipes or vinyl dismantling wipe with damp cloth before disposal, wear safety equipment	1	1	1		
	Management	○ Construction demolition hypothesis hazard Not Implemented training and safety equipment non-wear	○ Case of the pre-accident safety training and safety equipment worn confirmation	1	1	1		

### 3.3 추가 리스크 관리계획

개선이 필요하거나 개선이 가능한 위험요인에 대해서는 전문가들과 브레인 스토밍을 통해 개선방안을 모색하고, 추가 리스크 관리 계획에 그 개선방안을 기입하였다. 4M 위험성평가표에서 추가 리스크 관리계획으로 작성된 개선방안들을 모두 취합하여 재해형태 및 조치결과, 조치 일정, 담당자 등 개선활동 여부를 작성한 추가 리스크 관리계획서는 Table 20과 같다.



**Table 20 The Risk Management Plan of Removal Work of the Asbestos Cement Slate**

Process name	Removal of asbestos cement slates	The Risk Management Plan			No.	4M-RM-001		
Resolver	Jeong-Min Kim				Date	2014. 05. 26		
Job statement	Code No.	Accident type	Risk Management Plan	Action			Check date	Etc.
				Action result	Schedule	Person in charge		
Plastic sheeting(A)	A-1	Crash	○After recuperation before work supervisor to check carefully the floor, install any cover	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	
Establishing Hygiene Facilities and Negative Pressure (C)	C-1	Musculoskeletal Disorders	○Lifting equipment installed in a small portable hoist installation or vehicle	After installation, funding	-	Director		
	C-2	Heatstroke	○Protective clothing with ice pack(development needs)	Development needs	-	-		
	C-3	Heatstroke	○The need for air and light weight portable device worn and the air supply unit	Done Development needs	06.09 -	Site manager -	2014.06.09	
Removal of equipment test (D)	D-1	Falling	○Periodic checking and exchanging of the rope of the safety harness	Done	06.09	Director	2014.06.09	
Removal Surrounding Structure (F)	F-1	Falling	○Safety fence install to mitigate the impact of the crash	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	
	F-2	Heatstroke Falling	○Protective clothing with ice pack(development needs)	Development needs	-	-		
	F-3	Heatstroke Falling	○Need to air and light weight portable device worn and the air supply unit	Done Development needs	06.09 -	Site manager -	2014.06.09	
Spraying Liquid to Cement Slates (G)	G-1	Slip Falling	○Drying more than 1 hour or spraying around nails when spray anti-spattering agent onto the slate	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	
	G-2	Slip Falling	○Overshoes development needs with non-slip soles	Development needs	-	-		
Pulling out Nails and Removal of Cement Slates (H)	H-1	Falling	○Ring fastened to constantly supervise whether the supervisor is resident	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	
	H-2	Slip Falling	○Overshoes development needs with non-slip soles	Development needs	-	-		
	H-3	Falling	○Crest, walls, etc. work with the solid support, change position according to weight	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	
	H-4	Heatstroke Falling	○Protective clothing with ice pack(development needs)	Development needs	-	-		
	H-5	Heatstroke Falling	○The need for air and light weight portable device worn and the air supply unit	Done Development needs	06.09 -	Site manager -	2014.06.09	
Loading and Packing Waste Material (I)	I-1	Collision Fracture Cut	○Step back and lower worker waits, slate approach to lowering the upper torso height of the slate workers to lower worker	Done	06.09	Site manager	2014.06.09	

10개의 단위공정 중 석면 해체 작업장 비닐 보양 (A), 위생설비 및 음압 장비 설치 (C), 석면슬레이트 해체 장비 확인 (D), 기타 구조물 해체 (F), 슬레이트에 비산방지 약품 살포 (G), 슬레이트 못 제거 및 해체 (H), 페슬레이트 적재/보양 (I)의 7개 단위공정에서 총 16개의 개선방안이 도출되었다.

본 연구 결과로 도출된 16개의 개선방안을 위험성평가 이후 실시된 석면 슬레이트 해체공사에 적용하여 개선활동을 실시하였다. 보양작업 전 관리감독자가 바닥을 세밀히 확인 후 임의 덮개 설치, 안전그네 로프 점검일지를 바탕으로 주기적인 교환, 추락시 충격을 완화시키는 안전펜스 설치, 비산방지제 살포시 1시간 이상 말리고 작업하거나 못 주변에만 집중적으로 살포, 상시 관리감독자가 상주하여 고리체결 여부 감독, 용마루, 벽 등 탄탄한 지지대를 이용하여 작업, 체중에 따른 작업위치 변경, 하부작업자는 한발 뒤로 물러서서 대기, 상부작업자가 슬레이트를 하부작업자 몸통 높이까지 내리면 슬레이트에 접근에 대한 개선방안은 현장에서 즉시 조치가 이루어졌다.

열사병이나 호흡곤란을 예방하기 위한 휴대용 송기장치 착용 및 송기장치의 경량화 필요에 대한 개선방안은 현재 사용하는 휴대용 송기장치가 무겁고, 착용 시 작업자에게 불편함을 유발하기 때문에 착용을 꺼려한다. 따라서 현재 관리적인 방안으로 여름에는 작업에 불편하더라도 필히 송기장치를 착용하도록 관리감독 조치를 취하고 있고, 장기적으로는 송기장치 제조업체에서 경량화된 송기장치를 개발하여 판매하는 것이 필요하다. 또한 여름철 더위를 예방할 수 있는 아이스팩 위생복이나 미끄러움을 예방할 수 있는 미끄럼 방지 밑

창이 있는 덧신을 개발하는 것도 필요하다. 중량물인 음압장비(50~60kg)를 취급하기 위해 필요한 소형 이동식 호이스트나 차량에 리프트 장비 설치하는 장기적인 개선안으로 추후 예산이 확보되면 소형 이동식 호이스트를 구입하거나 차량에 리프트 장비를 설치하는 것이 필요하다.

석면 해체 업체에서는 안전장비를 개발하는 것이 아니라 판매되고 있는 장비를 구매하고 있기 때문에 안전장비의 개선이나 개발이 필요한 개선방안은 석면 해체 업체에서 개선하거나 개발하는 것에는 한계가 있다. 따라서 석면해체와 관련된 안전장비를 제조하는 업체에서 경량화된 송기장치 및 열사병을 예방할 수 있는 보호복, 미끄럼 방지 밑창이 있는 덧신 등을 개발하는 것이 필요하다.



### 3.4 개선 후 4M 위험성평가

7개 단위공정에서 전문가 브레인스토밍을 통해 도출된 16개 개선방안이 현장에 적용되어 개선되거나 향후 적용될 경우, 현재 위험요인의 개선된 빈도와 강도의 점수를 결정하고 위험도를 산정하였다. 개선 후의 위험성 평가도 개선 전에 수행한 4M 위험성평가와 같은 방법으로 전문가들의 브레인스토밍을 통해 개선되었을 경우의 빈도와 강도를 예측하여 개선 후의 위험도를 산정하였다.

Table 21에 16개 개선방안의 적용 전, 후의 위험도를 비교하였다.



**Table 21 The Comparison of Current Risk Score and Improved Risk Score**

Code No.	Plan of Risk Management	Current risk			Improved risk		
		Frequency	Severity	Risk	Frequency	Severity	Risk
A-1	○After recuperation before work supervisor to check carefully the floor, install any cover	3	2	6	2	1	2
C-1	○Lifting equipment installed in a small portable hoist installation or vehicle	2	3	6	1	2	2
C-2	○Protective clothing with ice pack(development needs)	3	3	9	1	3	3
C-3	○The need for air and light weight portable device worn and the air supply unit	3	3	9	1	3	3
D-1	○Periodic checking and exchanging of the rope of the safety harness	2	4	8	1	2	2
F-1	○Safety fence installed to mitigate the impact of the crash	2	2	4	2	1	2
F-2	○Protective clothing with ice pack(development needs)	5	4	20	1	4	4
F-3	○Need to air and light weight portable device worn and the air supply unit	5	4	20	1	4	4
G-1	○Drying more than 1 hour or spraying around nails when spray anti-spattering agent onto the slate	4	4	12	1	3	3
G-2	○Overshoes development needs with non-slip soles	5	4	20	2	4	8
H-1	○Ring fastened to constantly supervise whether the supervisor is resident	3	4	12	1	4	4
H-2	○Overshoes development needs with non-slip soles	5	4	20	2	4	8
H-3	○Crest, walls, etc. work with the solid support, change position according to weight	5	4	20	2	4	8
H-4	○Protective clothing with ice pack(development needs)	5	4	20	1	4	4
H-5	○The need for air and light weight portable device worn and the air supply unit	5	4	20	1	4	4
I-1	○Step back and lower worker waits, slate approach to lowering the upper torso height of the slate workers to lower worker	3	4	12	1	2	2

개선방안의 적용 전, 후의 위험도를 비교한 결과, “보양작업 전 관리감독자가 바닥을 세밀히 확인 후, 임의 덮개 설치(위험도: 6점→2점)”, “안전그네 로프 점검일지를 바탕으로 주기적인 교환(위험도: 8점→2점)”, “상시 관리감독자가 상주하여 고리체결 여부 감독(위험도: 12점→4점)” 의 3가지 개

선방안은 관리·감독의 개선으로 위험도를 낮출 수 있었다. 또한 “비산방지제 살포시 1시간 이상 말리고 작업하거나 못 주변에만 집중적으로 살포(위험도: 12점→3점)”, “용마루, 벽 등 탄탄한 지지대를 이용하여 작업, 체중에 따른 작업위치 변경(위험도: 20점→8점)”, “하부작업자는 한발 뒤로 물러서서 대기, 상부작업자가 슬레이트를 하부작업자 몸통 높이까지 내리면 슬레이트에 접근(위험도: 12점→2점)”의 3가지 개선방안은 작업방법의 개선만으로 위험도를 크게 낮출 수 있었다. 그리고 “추락시 충격을 완화시키는 안전펜스 설치(위험도: 4점→2점)”, “소형 이동식 호이스트 설치 또는 차량에 리프트 장비 설치(위험도: 6점→2점)”, “아이스팩 위생복 개발 필요(위험도: 20점→4점)”, “휴대용 송기장치 착용 및 송기장치의 경량화 필요(위험도: 20점→4점)”, “미끄럼 방지 밑창이 있는 덧신 개발 필요(위험도: 20점→8점)”의 5가지 개선방안은 장비를 설치하거나 향후 중장기적으로 기존의 장구나 장치보다 더 개선되고 개발된다면 위험도를 크게 낮출 수 있을 것으로 예상된다.



석면 슬레이트 해체작업의 10개 단위공정에 대한 4M 위험성평가의 개선 전, 후 평균 위험도와 4M 항목별 위험요인 개수의 결과는 Table 22과 같다.

**Table 22 The result of 4M Risk Assessment and Risk Factor**

process	risk average		4M Number of risk factors per item			
	Before	after	Man	Machine	Media	Management
Plastic sheeting	3.00	2.00	2	1	0	1
Installation of temporary structure	4.25	-	2	1	0	1
Establishing hygiene facilities and Negative Pressure	5.50	2.67	2	1	1	0
Removal of equipment test	4.50	2.00	1	0	0	1
Rope setting (prevention of falling)	3.25	-	3	0	0	1
Removal surrounding structure	6.00	3.33	1	1	2	1
Spraying liquid to cement slates	8.50	5.50	2	0	1	1
Pulling out nails and removal of cement slates	11.43	5.60	3	1	2	1
Loading and packing waste material	4.43	2.00	3	3	1	0
Removal of hygiene facilities and equipment and temporary structure	3.50	-	2	0	1	1

10개 단위공정에서 Man 21개, Machine 8개, Media 8개, Management 8개로 총 45개의 위험요인이 도출되었다. 석면 슬레이트 해체 작업은 장비의 사용보다는 주로 인력으로 이루어지는 작업이기 때문에 인적요인이 21개로 가장 많은 위험요인이 도출되었다.

10개 단위공정 중 슬레이트 못 제거 및 해체작업의 평균위험도가 11.43으로 가장 위험하다고 평가되었고, 슬레이트에 비산방지 약품 살포가 8.5점으로 두 번째로 위험한 것으로 평가되었다. 2개 공정 모두 지붕재로 사용되는 슬레

이트 위에서 작업을 수행하는 고소작업으로 전도 및 추락의 위험성 때문에 위험도가 높게 평가되었다. 슬레이트 못 제거 및 해체작업과 슬레이트에 비산방지 약품 살포작업의 개선 후 위험도 점수는 각각 5.6점, 5.5점으로 관리·감독의 개선이나 작업방법의 개선, 장구나 장치의 개선이 이루어진다면 위험도를 크게 낮출 수 있을 것으로 평가되었다.

리스크 평가 기법에 관한 기술지침(KOSHA Guide X-14-2012)에서 리스크 수준은 1-3점(무시할 수 있는 위험), 4-6점(미미한 위험), 8점(경미한 위험), 9-12점(상당한 위험), 15점(중대한 위험), 16-20점(매우 중대한 위험) 등 6개의 수준으로 분류하고 있다. 또한 9점 이상의 위험요인부터는 위험 감소활동이나 즉시개선을 해야 하는 대상이다. 석면 슬레이트 해체작업의 10개 단위공정에서 9-12점(상당한 위험)의 요인이 4개, 16-20점(매우 중대한 위험)의 요인이 5개가 도출되었다. 9-12점의 요인으로는 습식작업을 위해 슬레이트에 약품을 살포할 경우 미끄러움으로 전도나 추락위험, 고소작업시 안전그네 고리 미착용으로 인한 추락위험, 폐 슬레이트 하역시 슬레이트 파손으로 인한 골절이나 베임 위험 등이 있었고, 16-20점의 요인으로는 위생복의 덧신이 이끼나 젖은 슬레이트에 미끄러져 전도나 추락위험, 더운 여름 위생복과 방진마스크로 인한 열사병과 그로인한 2차재해인 전도 및 추락위험, 슬레이트 붕괴로 인한 추락위험 등이 있었다.

석면 슬레이트 해체작업에서 가장 큰 위험요인으로 예상했던 석면 분진의 위험성은 방진복, 방진마스크, 음압기, HEPA필터 청소기, 습식작업 등 법적으

로 조치를 취해야 하는 안전조치로 인해 위험도가 1점으로 낮게 평가되었다. 석면 분진의 보건적 위험성을 예방하기 위한 방진복과 방진마스크 등의 개인 보호구의 경우, 여름이라는 더운 환경에서는 오히려 열사병과 호흡의 답답함을 유발하여 안전적인 측면에서는 위험성을 더 높이는 것으로 평가되었다. 또한 안전화 위에 신는 덧신의 경우, 미끄럼방지 조치가 되어있지 않아 석면 슬레이트에서 습식작업을 위해 약품을 살포할 경우 젖은 석면 슬레이트나 석면 슬레이트 위의 이끼로 인해 미끄러질 위험성이 높아지고 이로 인해 전도나 추락의 위험성으로 위험도가 높은 것으로 평가되었다.



## 4. 결론 및 고찰

IDEF-0 모델링을 이용한 공정분석에서 석면 슬레이트 해체작업은 5개 공정, 18개의 세부공정으로 분류할 수 있었다. 해체작업의 통제수단(control)으로 공사계약서, 작업계획서, 인계서, 감리보고서, 작업지시서, 산업안전보건법, 폐기물 관리법 등 14개가 사용되었다. 그리고 해체작업의 자원(mechanism)으로는 발주자, 석면제거업체, 석면조사기관, 폐기물 처리업체, 감리인, 해체인력, 노동부, 지자체, 해체공구, 운반차량 등 33개가 필요한 것으로 분석되었다. 또한 해체작업을 위해 필요한 안전장비는 안전모, 안전그네, 방진마스크, 위생복, 해파필터 청소기, 음압기, 위험표지 스티커, 보양비닐 등이 있는 것으로 분석되었다.

공정분석 자료를 바탕으로 현장 해체작업을 10개의 공정으로 분류하였고, 석면 슬레이트 해체작업 전문가들과 브레인스토밍을 통해 4M 위험성평가를 수행한 결과 45개의 위험요인을 도출하였다. 위험도가 가장 높은 공정은 슬레이트 못 제거 및 해체작업으로 평균 위험도가 11.43이었다. 위험도가 9점 이상으로 개선 및 위험감소 활동이 필요한 위험요인을 5개로 요약하면 아래와 같다.

- ① 안전그네 미착용으로 추락위험
- ② 부식된 슬레이트의 붕괴로 추락위험
- ③ 부식된 슬레이트 하역 중 파손으로 인한 하부작업자 부상
- ④ 더운 여름 위생복과 방진마스크의 답답함으로 인한 열사병과 그에 따

## 른 추락위험

### ⑤ 안전화 위에 착용하는 덧신의 미끄러움으로 인한 전도 및 추락위험

석면분진으로 인한 보건적인 측면의 위험성은 위생복과 방진마스크 등의 보호 장비 착용으로 위험성이 낮은 것으로 나타났다. 계절적 요인으로 근로자를 보호하기 위한 위생복과 분진마스크가 오히려 더운 여름에는 열사병과 그로 인한 2차 재해인 전도나 추락의 위험성을 높이는 것으로 나타났다. 따라서 열사병 예방을 위한 위생복의 개선이나 보조 장치가 필요하고, 방진마스크의 답답함을 개선하기 위해 휴대용 송기장치가 개발되었으나, 무겁고 착용이 불편하여 작업자들이 사용을 꺼려하므로 송기장치의 경량화가 필요하다. 안전화 위에 착용하는 위생복 덧신은 슬레이트 위에서는 안전화보다 미끄러지기 쉬워 위험성이 높아지므로 미끄럼 방지 밑창이 있는 덧신 개발이 필요하다.

IDEF-0 모델링을 이용한 공정분석은 4M 위험성평가 시 안전보건상 위험 정보 분석의 기초자료로 활용이 가능하고 해체작업을 위한 작업지시서 작성 및 작업 전 안전교육, TBM(Tool Box Meeting)의 자료로 활용이 가능할 것으로 사료된다. 그리고 석면 슬레이트 해체작업에서 위생복 및 방진마스크 등의 개인보호구로 인해 작업자들의 보건적인 측면에서 위험성은 낮아졌으나 반대로 그 개인보호구가 작업자들의 안전한 측면의 위험성을 높이는 경향이 있었다. 따라서 작업자들의 보건적인 측면뿐만 아니라 안전한 측면을 고려한 개인보호구의 개발 및 개선이 필요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 1) 구준모, “국내의 석면 해체·제거 작업”, 한국건설순환자원학회지, Vol. 4, No. 1, pp.43-48, 2009.
- 2) 대한석면관리협회, “석면”, 동화기술, 2012.
- 3) 정재원, “부산지역의 석면노출현황 및 위해도 평가”, 박사학위논문, 부산대학교 대학원, 2013.
- 4) 김현욱, 이승철, 임호주, “우리나라 건축물 내 석면사용 개관 및 석면해체·제거작업 문제점”, 산업보건, No. 229, pp.31-33, 2007.
- 5) 산업안전보건연구원, “석면해체 제거공사 분리발주 도입에 대한 제도의 실효성연구”, 2010.
- 6) 노동부, “산업안전보건법”, 2014.07.01.
- 7) 산업안전보건연구원, “건축폐기물 산업에 종사하는 근로자의 석면노출실태 연구”, 2010.
- 8) 김영찬, “석면슬레이트의 適正處理를 위한 分布特性 分析에 관한 研究”, 석사학위논문, 경북대학교 대학원, 2012.
- 9) 대한설비건설협회, “석면 해체·제거 작업 지침”, 설비건설, Vol. 214, pp.58-64, 2008.
- 10) 노동부, “산업안전보건 기준에 관한 규칙”, 2014.09.30.
- 11) 노동부, “산업안전보건법 시행령”, 2014.09.13.

- 12) 조용진, “석면 해체·제거 작업의 공기 중 석면농도 및 보건관리실태에 관한 연구”, 석사학위논문, 고려대학교 대학원, 2013.
- 13) 김지영, “석면 해체·제거 작업자의 공기 중 석면 노출수준과 영향 요인”, 석사학위논문, 대구한의대학교 대학원, 2008.
- 14) 이정근, “석면 함유 내장 건축자재 해체·제거시 공기 중 총 분진 및 석면의 노출평가”, 석사학위논문, 고려대학교 대학원, 2010.
- 15) 김지영, 이송권, 이정희, 임무혁, 강성욱, 피영규, “석면 해체, 제거시 공기 중 노출수준과 영향요인”, 한국산업위생학회지, Vol. 19, No. 1, pp.8-15, 2009.
- 16) 전라이, 유용신, 이찬식, “석면건축자재의 안전한 해체를 위한 체크리스트 및 매뉴얼 개발”, 대한건축학회지, Vol. 29, No. 7, pp.117-124, 2013.
- 17) 최충곤, “건축물 해체 작업시 발생하는 석면의 노출 평가”, 석사학위논문, 연세대학교 대학원, 2001.
- 18) 박정일, “건축물 해체시의 석면노출 수준과 작업환경 개선방안에 관한 고찰”, 석사학위논문, 부산대학교 대학원, 2010.
- 19) 최충곤, 김치년, 임남구, 노영만, 노재훈, “건축물 해체 작업시 발생하는 석면의 노출 수준”, 한국산업위생학회지, Vol. 12, No. 13, pp.195-201, 2002.
- 20) 하기주, 하재훈, “석면해체산업의 활성화를 위한 제도·정책 개선방안”, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, pp.27-28, 2011.
- 21) 이아영, “석면해체·제거작업 관리에 영향을 주는 요인”, 석사학위논문, 연

- 세대학교 대학원, 2013.
- 22) 손기상, 박종태, 갈원모, “석면해체공사의 적정 단가 산정”, 대한안전경영과학회지, Vol. 13, No. 3, pp.55-61, 2011.
- 23) 손기상, 갈원모, 김형석, “건축주가 직접 발주한 석면해체공사 도급의 타당성에 관한 연구”, 대한안전경영과학회지, Vol. 13, No. 2, pp.259-266, 2011.
- 24) 구준모, “국내의 석면 해체·제거 작업”, 한국건설순환자원학회지, Vol. 4, No. 1, pp.43-48, 2009.
- 25) 김동일, 심상효, “석면 해체·제거업체의 범규준수에 대한 인식 및 태도”, 한국실내환경학회지, Vol. 6, No. 3, pp.200-211, 2009.
- 26) 송태협, 이경희, 이세현, “석면 해체 공사비용 산정에 관한 연구”, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, Vol. 29, No. 1, pp.657-660, 2009.
- 27) 신용철, 손병훈, 홍원화, “건축물 해체 시 폐석면 관리 제도에 관한 분석적 연구”, 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, pp.946-949, 2007.
- 28) 허원실, “시스템 분석과 설계”, 한빛미디어, 2006.
- 29) V. Bosilj-Vuksic, G. M. Giaglis, V. Hlupic, “IDEF Diagrams and Petri Nets for Business Process Modeling: Suitability, Efficacy and Complementary Use”, Proc. International Conference on Enterprise Information Systems(IECIS 2000), pp.242-247. 2000.
- 30) 오현수, “조선업의 현장안전관리를 위한 모바일 어플리케이션 개발”, 박사학위논문, 부경대학교 대학원, 2013.



- 31) National Institute of Standards and Technology, “Integration Definition for Function Modeling (IDEF0)”, Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993.
- 32) C. Bădică, A. Bădică and V. Lițoiu, “A New Formal IDEF-based Modelling of Business Processes”, Proceedings of the 1st Balkan Conference Informatics, pp.535-549, 2003.
- 33) 장기진, 김성희, “IDEF0와 개념적 설계를 이용한 물류 CALS/EC 구축 방안 연구”, 한국전자거래학회지, 제4권 제1호, pp.37-58, 1999.
- 34) S.H Kim, K.J Jang, “Designing performance analysis and IDEF0 for enterprise modelling in BPR”, International Journal of Production Economics, Vol. 76, Issue 2, 2002.
- 35) 안전보건공단, “4M 리스크평가기법에 관한 기술지침(KOSHA GUIDE X-14-2012)”, 2012.