

석회석광산 지하대형공간의 재난관리를 위한 업무영향력 분석

이성민^{1*} · 김선명² · 이연희³

¹정회원, 영동대학교 토목환경공학과, 교수

²정회원, 한북대학교 에너지자원학과, 교수

³비회원, 영동대학교 산학협력단, 연구원

Business impact analysis for disaster management of large underground limestone mine

Seong-Min Lee^{1*}, Sun-Myung Kim², Yeon-Hee Lee³

¹Youngdong University Dept. of Civil & Environment Engineering

²Hanbuk University Dept. of Energy & resources

³Youngdong University Industry-Academy collaboration foundation

ABSTRACT: As Limestone mines have been operated with various environmental, societal and managerial problems depending on their characteristics and developing methods, many great efforts have been applied to solve these problems. Installing the mining facilities underground is one of the successful efforts to keep the sustainable limestone mine development. This effort could reduce these problems. However, unfortunately it made an side effect of constructing a large underground space in mining site. Moreover, this space caused a necessity of various disaster managements for the safety of workers and facilities.

This study introduces the priority list of a limestone mining process if there are disasters in underground mining site. This result is coming from the risk assessment and business impact analysis on survey data which were obtained from the miners of that particular limestone mine. According to the result, the highest risk is 'disregard of safety guidelines in crushing & classifier process'. The result also shows the highest priority business, above all things, is 'a pit linked work of in & out process'.

Keywords: Limestone mine, Disaster management, Risk, Business impact analysis

초 록: 현재 국내 석회석광산은 개발 방식 및 특성에 따라 환경적, 사회적, 경영적 측면에서 다양한 문제 등을 포함한 채 운영되고 있다. 따라서 최근에는 이 같은 문제점들을 저감하고 지속가능한 광산개발을 위하여, 갱내채광 혹은 시설물 갱내화 등 다양한 노력이 계속되고 있다. 이러한 노력은 기존의 광산개발 공간 외에 새로운 지하대형공간의 생성을 유발하기 때문에, 작업자 및 시설물의 안전성확보를 위하여 발생 가능한 다양한 종류의 리스크에 대한 재난관리 필요성이 제기되고 있다.

본 연구에서는 지하대형공간을 구축하고 시설물을 갱내화하여 본격가동을 앞둔 석회석광업현장의 작업자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 리스크 위험도평가 및 업무영향력분석 후 재난관리를 위한 업무우선순위를 도출하였다. 그 결과, 대상 현장의 경우 파분쇄 및 분립선별공정에서 안전수칙 불이행으로 인한 리스크에 대하여 위험도가 가장 높은 것으로 나타났다. 또한, 이 리스크에 대한 재난발생시 업무연속성 유지를 위한 영향력을 분석결과 우선적으로 갱내외의 연계작업이 원활하게 이루어지도록 해야 하는 것으로 나타났다.

주요어: 석회석광산, 재난관리, 리스크, 업무영향력분석

***Corresponding author:** Seong-Min Lee

E-mail: sm-lee@yd.ac.kr

Received November 5, 2013; **Revised** November 11, 2013;

Accepted November 18, 2013

Copyright ©2013, Korean Tunnelling and Underground Space Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서론

현재 국내 대부분의 석회석 광산이 노천채굴방식으로 가동되고 있기 때문에 이로 인한 심각한 환경문제는 물론, 주변지역 거주민의 다양한 민원과 같은 직간접적인 사회적 문제 등 여러 가지 어려움을 수반한 채로 운영되고 있음은 널리 알려진 바이다. 이에 최근 석회석 광산들은 이러한 환경적, 사회적, 경영적 문제 등을 저감하면서 지속가능한 광산 개발을 위하여 다양한 노력을 다하고 있다. 예를 들면, 갱내채광 혹은 시설물(분립, 선별 등의)갱내화 등이 이러한 노력의 일환이라 할 수 있다.

그러나 이처럼 갱내채광 또는 시설물을 갱내화 할 경우, 기존의 광산개발 공간(갱도) 뿐만 아니라 새롭게 건설되는 지하대형공간에 대한 안정성 검토와 안전관리가 필요함과 동시에 기존의 작업환경과 다소 상이한 갱내화 시설물과 작업 근무자들의 안전성확보를 위하여 다양한 리스크에 대한 재난관리가 추가적으로 필요하다. 광산에서의 재난사례는 점점 줄어들고 있는 추세이기는 하나, 작업환경의 특성상 재난 발생시에는 인명피해로 이어지기 쉬우며 직간접적인 피해는 오히려 증가할 수 있기 때문이다. 일례로 국내에서는 2012년 8월과 2013년 8월 정선과 강릉의 석회석 광산에서 낙반사고가 발생하여 작업 중이던 근로자가 사망하거나 실종되는 사고가 발생하였으며, 중국의 경우 한때 광산사고로 인한 연간 사망자가 약 6천명에 달했던 적이 있으며 지난해에는 약 1,300여명의 사망자가 발생하기도 하였다(Yonhapnews, 2013). 이처럼 기존의 광산개발 과정에서 다양한 원인에 의한 사상자가 발생하는 등 재난재해는 언제나 발생해왔고 그 직간접적인 피해정도는 점점 증가하고 있는 추세임을 감안해 볼 때 새롭게 구축되는 지하대형공간에 대한 재난관리는 필수불가결한 상황이다.

지금까지 석회석 광산에서의 재난관리 혹은 지하대형공간의 재난관리 등에 관한 기 연구사례로는, 지하 공동내에 고압 압축공기를 저장할 경우 발생할 수

있는 리스크에 대한 평가(Yoon et al., 2013), 석회석광산에서의 리스크 분석 및 평가(Lee et al., 2012), 위험도 분석을 통한 터널 최적설계(You, 2010), 실드 TBM 터널에 대한 리스크 분석 연구(Hyun et al., 2012) 등이 있으나 터널구조물에 대한 연구결과가 다수임을 감안해 보면, 광산 재난관리에 관해서는 비교적 소수의 연구결과만 발표된 상태이다.

이에 본 연구에서는 지하대형공간을 구축하여 생상품 분립, 선별을 위한 시설물을 갱내화하여 본격적인 가동을 목전에 두고 있는 석회석광업현장을 대상으로 해당 현장에서의 리스크 위험도를 평가하고, 리스크로 인한 재난발생시 업무영향력 분석을 실시하여 재난관리를 위한 업무단위 우선순위를 도출하였다. 업무영향력분석은 리스크에 대한 각각의 현장 특성을 반영한 해당 현장만의 고유한 업무영향력으로, 전체 석회석광산업계에 대한 업무영향력 분석 결과로 일반화하기에는 다소 무리가 있을 것으로 판단된다. 다만, 각각의 현장마다 리스크 발생시 그에 따른 업무영향력을 파악하고, 이를 바탕으로 한 재난관리를 실시함에 있어 최적의 현장적합성을 가질 수 있을 것으로 판단된다.

2. 리스크(Risk)와 재난관리

KS A ISO/IEC Guide 73 (KATS, 2002)에 의하면 리스크(risk)는 사건의 확률 및 그 결과의 조합이라고 정의하고 있다. 다시 말하면, 확실하거나 또는 불확실할 수 있는 특정한 단위 상황이 발생 가능한 정도 및 그 사건으로 인한 하나 또는 그 이상의 나타날 수 있는 결과에 대한 조합이며, 이때 결과는 정성적 또는 정량적으로 표현될 수 있다. 이와 같이 정의되는 리스크는 현재 가동 중인 산업현장 이라면 어디서나 존재하며 산업현장이 가동되는 한 사라질 수 없는 성질이 있다. 그러므로 산업현장에서 필수불가결한 리스크에 대한 철저한 관리를 통하여 산업재해를 예방하고 안전한 작업환경을 이루는 것은 물론이요, 불

가항력적인 재난 발생 시에도 조속히 업무로 복귀하여 업무중단시간을 단축시키고 나아가 인명 및 재산 피해저감, 사회적인지도 재고 등 유무형의 효과를 거둘 수 있을 것이다. 아래의 Fig. 1은 재난관리 도입에 따른 효과를 나타낸 것이다.

국제적으로는 이와 같은 사회안전분야의 표준을 정립하려는 움직임이 활발하게 이루어지고 있으며, 이미 영국, 일본, 미국 등의 일부 선진국에서는 사회안전을 위한 각 분야에서의 재난재해예방을 위한 다양한 조치들을 취해오고 있다.

예를 들어, 일본의 경우 국토교통성 시코쿠 지방정비국에서 처음으로 시코쿠 지역 건설사들을 대상으로 지진 등의 재난을 당하더라도 기본적인 업무를 지속할 수 있는 시스템을 갖추고 있는지 여부를 평가해 인증했다. 2008~2009년 BCP 심사회의 심사를 거쳐 일반경쟁 입찰자격이 있는 약 200개 건설사들 중 총 45개사가 인증을 받았고, 이 건설사들에는 유효기간 2년짜리 인증서를 주어 향후 공공공사입찰 종합평가 때 가산점을 주는 방안을 검토하였다(Disaster focus, 2010).

국내의 경우 산업통상자원부 기술표준원에서 2013년 8월부터 중소·중견기업의 리스크관리 능력향상을 지원하기 위하여 ‘기업리스크관리 정보망’ 서비스를

실시하고 있다. 기업리스크관리체계를 기본으로 하여 ‘기업리스크관리 방법론’, ‘리스크관리지표’, ‘리스크관리 매뉴얼’, ‘리스크예방 및 대응 매뉴얼 사례’ 등을 개발하여 서비스를 실시하고 있다(MOTIE, 2013).

3. 광산의 업무연속성계획 모델

현재 국내 광산현장에서는 위 2절의 일본사례와 같이 재난재해 예방업무에 대한 인증 및 우대제도등이 시행되고 있지 않다. 또한 최근 서비스를 시작한 기업리스크관리 정보망의 이용 또한 용이하지 않은 상황이다. 이는 대부분 영세 중소기업체인 광산현장들에서 수주와 제품출하업무 이외에 재난예방 및 관리 업무영역까지 고려하기에는 현실적으로 어려운 점이 많기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 당장의 현실적인 어려움이 재난관리의 중요성과 필요성을 간과해도 좋을음을 뜻하는 것은 아니다. 그러므로 기업의 리스크 및 재난관리에 관한 제도적 노력과 사회적인 인식확산을 통한 의식개선이 함께 필요하다고 할 수 있다. 이미 제도적 측면에서는 [재해경감을 위한 기업의 자율활동 지원에 관한 법률(2013.3.23 시행), (Law, 2013)]이 제정되었고, 이 법에 따르면 각 기업이 재해경감 방법을 마련할 경우 재해경감 인증 및 보험료

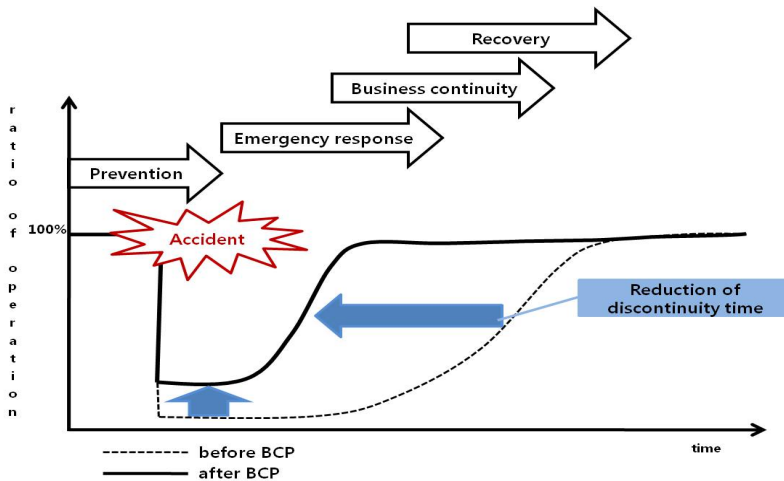


Fig. 1. Risk management effect (Korea BCP association Inc., 2011)

할인, 세제지원, 자금지원 우대, 재해경감 설비자금 등의 각종 지원혜택을 받을 수 있음을 명시하고 있어 제도적 뒷받침을 해나가고 있는 실정이다. 또한 기업 리스크관리정보망 서비스 등의 기업지원을 통하여 중소기업에 대한 경쟁력 향상 및 리스크 관리에 관한 인식 전환에 이바지 하는 등의 다양한 노력이 계속되고 있다.

이에 필요성은 인지하나 현실적 어려움을 토로하는 광업계의 재난관리에 대해 재난관리과정(risk management process)과 업무연속성계획 모델(business continuity planning model)기법을 반영하여 Fig. 2의 흐름도와 같은 업무연속성계획을 구축하고자 하며, 본 연구에서는 이 중 표시된 리스크 평가(RA), 업무영향력분석(BIA) 부분에 대한 분석결과를 나타냈다.

본 연구에서 수행한 리스크 및 업무영향력 분석이 언뜻 두 분석 및 평가 상호간의 개연성이 부족한 듯 간주될 수도 있다. 그러나 이는 업무연속성계획(Continuity management) 구성을 위한 두 파트(part)의 분석 기반과 관점에 대한 차이로 인한 것이다. 즉, 글자 그대로의 의미처럼 리스크를 기반으로 한 리스크 분석 및 평가와 달리, 업무영향력 평가는 조직의 업무프로세스(process)를 기반으로 재난 발생시 피해를 최소화하고 업무의 연속성을 유지하기 위한

업무에 대한 분석과 평가이다(Paul, 2012). 또한, 관점에 따라서는 리스크 분석 및 평가는 조직의 실무진이 재난관리를 위해 보다 더 고려하여야 할 부분이라면, 업무영향력 평가는 조직의 경영진이나 CEO들이 더욱 주안점을 두어 고려해야 할 부분으로 볼 수 있다.

4. OO광업의 리스크 및 업무영향력 분석

4.1 개요

OO광업은 충청북도 OO군 OO읍에 위치한 석회석 광업시설로, 주로 백운석을 채굴하여 선광 및 경소백 운석제조, 석회석 고토비료 제조 및 판매를 주요 사업으로 연간 생산량이 약 60만 톤 이상이며, 전체 생산 및 판매량의 약 90%가 제철제강용 제품으로 운영되고 있다.

본 광업소의 광상은 영흥층의 고품위대가 백운석질과 석회석 퇴적광상을 이루고 백운석대와 석회암대가 호층으로 반복적으로 분포하며, 500~600 m의 맥폭에 연장 약 2.2 km 이상으로 추적되어 매장량이 약 4,700만 톤으로 예상된다. 현재 약 9m 단으로 벤치컷 노천 채굴을 시행하고 있으며, 환경 친화적이고 지속적인 자원개발을 위하여 2007년부터 갱내굴진 채광

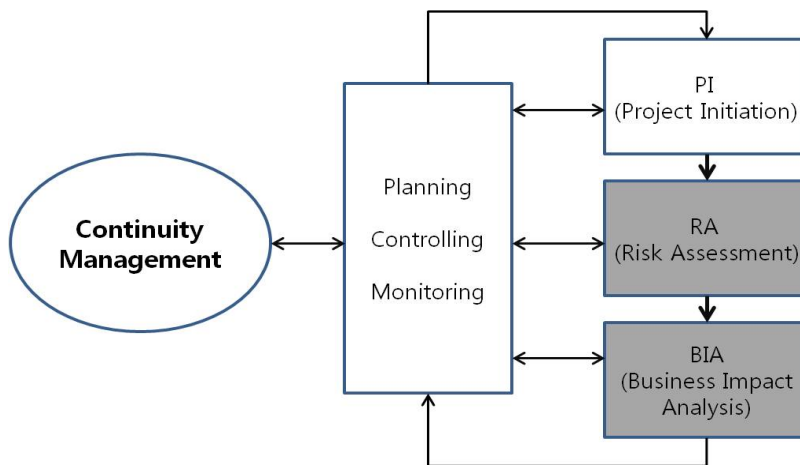


Fig. 2. The subject (RA & BIA) of this study & continuity management flow

을 병행하다가 현재는 갱내 파쇄선별시설을 설치하여 본격적인 운영을 실시할 예정이다.

4.2 리스크 분석 및 평가

본 연구에서 실시한 OO광업에서의 리스크 분석 및 평가, 업무영향력 분석에는 AHP (Analytical Hierarchy Process) 기법을 적용하였다. AHP 기법은 Thomas Saaty가 1980년에 발표한 논문에서 처음 제

창된 다수 대안에 대한 다면적 평가 기준을 통한 의사결정 지원방법의 하나이다. 의사결정 요소들 간의 쌍대비교로 판단자료를 수집하고, 고유치(Eigen-value) 방법을 사용하여 의사결정요소의 상대적 가중치를 추정하고 이를 종합화하여 여러 대안들의 종합순위를 얻는 단계를 거쳐 적용된다. 이처럼 의사결정에 상호 관련된 사항들을 계층적으로 분류하고 설정하는 방법으로 경제, 경영, 국방, 정치 등의 여러 분야에 쉽게

Table 1. Risk assessment for OO mining (process & risk of Lee et al., 2012)

Process	Risk		Risk assessment
Process 1 - Blasting & drilling	1	Accidents caused by poor safety measures	3 (medium)
	2	Drilling & charge explosions caused by concurrent operation	5 (very low)
	3	Explosion due to residual unexploded	5 (very low)
	4	Delay blasting accidents caused by carelessness	5 (very low)
	5	Roof-fall caused by blasting vibration	5 (very low)
	6	Pumice stone cave-in caused by mishandling	2 (high)
	7	Accidents caused by scattering debris	3 (medium)
	8	Falling rock near weakened cave-in	3 (medium)
Process 2 - Digging	1	Roof-fall & rock fall	3 (medium)
	2	Collapse due to the inappropriate pillar	4 (low)
	3	Subsidence due to over excavation	5 (very low)
	4	Collapse due to in-flow of ground and surface water	4 (low)
	5	Rock-fall around soft zone	3 (medium)
	6	Accident due to sudden irrigation	5 (very low)
Process 3 - Loading & haulage	1	Accidents caused by poor safety measures	2 (high)
	2	Accidents caused by sudden equipment operation and maintenance	2 (high)
	3	Inadvertent worker crash	2 (high)
	4	A vehicle accident in the working	2 (high)
Process 4 - Crushing & classifier	1	Accidents caused by negligence of workers	2 (high)
	2	Accidents caused by failure to comply with safety rules	2 (high)
	3	Accidents caused by ore from crusher	2 (high)
	4	Accidents caused by automatic system failure	4 (low)
Process 5 - Maintenance	1	Health hazard due to poor working conditions	3 (medium)
	2	Spreading threats in the case of fire	4 (low)
	3	Accidents caused by poor electrical wiring	4 (low)
	4	Stability and desorption due to not wearing safety equipment	3 (medium)

Table 2. Risk assessment index

Level	1	2	3	4	5
Index	very high	high	medium	low	very low

적용될 수 있다.

석회석광산에서의 리스크평가에 관한 기 연구(Lee et al., 2012)에서 제안한 5가지 공정(제1공정~제5공정)별 총 26개의 리스크에 대하여 해당 현장의 실무진(광업계 근무경력 10년 내외)을 대상으로 리스크 분류에 대한 적합성을 확인받고, 26개 리스크에 대한 해당 현장의 리스크 위험정도에 대한 평가를 실시하여 Table 1과 같은 결과를 확인하였다. 26개 리스크 각각의 위험도 평가를 위하여 Table 2의 평가 척도를 이용하였다.

리스크 위험도 평가 결과 해당 현장의 경우 제3공정과 제4공정에서의 7개 리스크에 대하여 상대적으로 위험한 것으로 인식하고 있었다. 상대적으로 제1공정에서의 위험도를 매우 미약하게 인식하고 있는 것은, 해당 공정에 대해 작업자들이 엄격한 관리시스템을 준수하고 있기 때문인 것으로 나타났다. 이밖에도 상대적으로 미약하거나 매우 미약한 정도로 평가된 리스크들에 대해서 작성된 리스크위험도 평가에 대한 의견을 살펴보면, 현장 자체적으로 재난관리를 위한 시스템 혹은 장치들을 갖추고 있기 때문인 것으로 리스크 평가 결과가 나타났다. 이러한 리스크 위험도 평가 결과는 기 연구 결과와 다소 상이한 결과를 보이고 있으나, 전자는 전체적인 석회석 광산에 대한 일반

적인 결과이고, 본 연구의 결과는 현장 고유의 특성을 반영한 결과이기 때문인 것으로 판단된다. 향후 여타의 광산현장을 대상으로 하여 개별 현장마다 적합한 리스크 위험도 평가가 계속된다면 현장 리스크 위험에 최적화된 평가결과들을 도출해 낼 수 있을 것으로 판단된다.

4.3 업무영향력 분석

Table 1에서 나타난 바와 같이, OO광업에 대한 업무 공정별 및 리스크별 위험정도에 대한 정량적 평가를 실시한 결과, OO광업의 경우 제3공정과 제4공정에 대한 리스크들이 상대적으로 위험한 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 업무공정 측면에서는 제4공정을 위한 선행업무 및 후행업무에 포함된 적재 및 운반 과정을, 업무발생 공간적 측면에서는 시설물 갱내화 구간을 중심으로 리스크 발생시 관련 업무에 의 영향력 분석을 실시하였다.

4.3.1 피해유형 기준항목별 중요도 평가

리스크에 의한 업무 영향력 분석을 위한 첫 단계로, 리스크로 인한 재난 발생시 관련 업무에 영향을 끼치는 정도를 정량적으로 파악하기 위하여, 재난에 따른 피해유형별로 5가지 기준항목으로 구분하고 상대적

Table 3. Average weight of five damage types

Type	Type I	Type II	TypeIII	TypeIV	Type V
Type I	1.00	0.21	3.40	3.60	1.20
Type II	4.76	1.00	4.40	4.60	4.40
TypeIII	0.29	0.23	1.00	1.00	0.28
TypeIV	0.28	0.22	1.00	1.00	0.27
Type V	0.83	0.23	3.53	3.66	1.00
Total	7.17	1.88	13.33	13.86	7.16

Type I : property damage, Type II : human damage, TypeIII: social damage, TypeIV: interruption of interdepartmental work, Type V : interruption of external linked work

Table 4. Business impact analysis index

Level	1	2	3	4	5
Index	equal importance	slight importance	essential importance	considerable importance	absolute importance

중요도를 평가하였다. OO광업 현장 실무진을 대상으로 해당항목에 대한 설문평가를 실시하고, 각 항목별 평균치를 산출한 결과가 아래의 Table 3과 같다. Table 3에서는 재난 발생시 나타날 수 있는 피해를 유형별로 구분하여 I 재산피해, II 인적피해, III 사회적 피해(고객신뢰도), IV 부서간 연계업무중단, V 대외연계업무중단의 총 5가지 기준항목으로 구분하였다. 피해유형 I~III은 재난으로 인한 재산 및 인적 피해와 수요처인 고객에 대한 신뢰도가 저하되는 사회적 피해를 고려한 것이다. 또한, 하나의 단위업무가 개별적으로 운용 가능한 것이 아니라 전체 업무가 선-후행으로 유기적인 관계를 맺고 있는 현장업무의 특성상 부서간 연계업무가 중단되거나 대외적인 연계업무가 중단되는 피해를 고려하기 위해 IV, V 피해유형을 추가로 구분하였다.

Table 3에서 산출된 가중치는 피해유형별 상대적인 중요도를 판단하고자 Table 4의 평가기준을 근거로

하여 각각의 피해유형항목을 1:1로 비교평가 하였다. 예를 들어 I 유형과 II유형을 1:1 비교하여 상대적인 중요도를 평가한 결과, II 유형이 I 유형에 비해 약 4.76배 중요하게 판단하는 것으로 나타났다.

Fig. 3~7은 Table 3에 산출된 5가지유형(I~V)들 간의 상대적인 비교 관계를 도시한 것이다. 각 그림의 세로축에 사각으로 표시된 유형의 중요도 1을

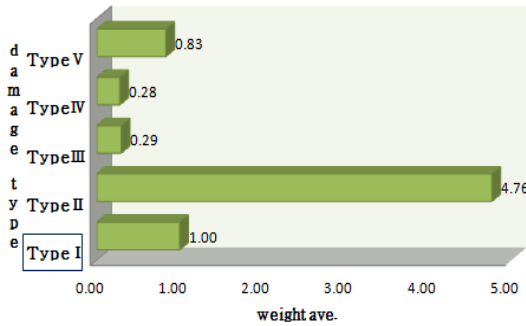


Fig. 3. Relative weight vs. type I

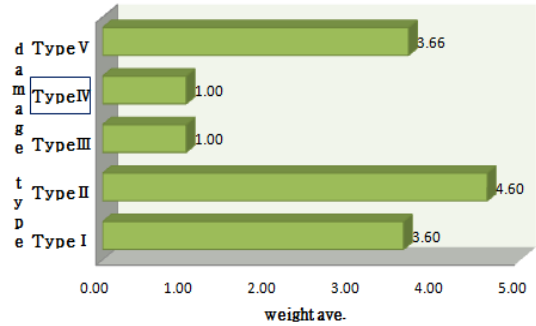


Fig. 6. Relative weight vs. type IV

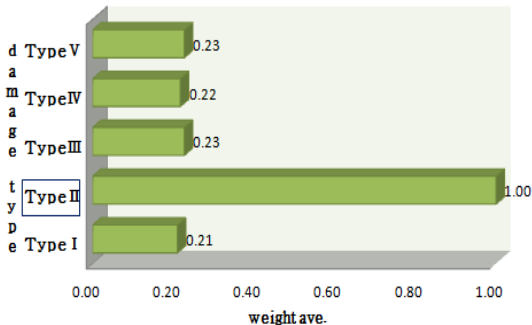


Fig. 4. Relative weight vs. type II

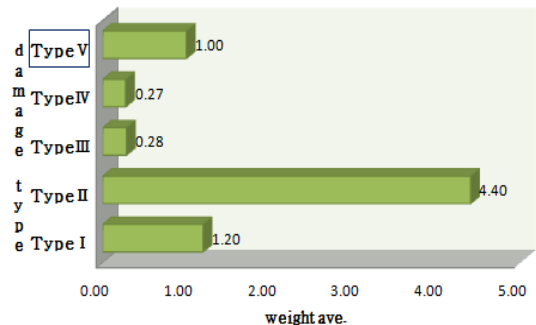


Fig. 7. Relative weight vs. type V

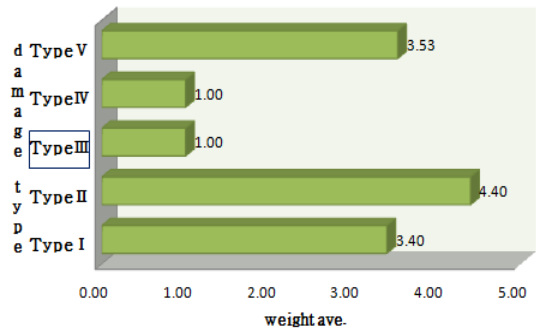


Fig. 5. Relative weight vs. type III

기준으로 대비하여, 타 유형과의 상대적인 중요도 평가 결과를 나타냈다. 이 결과에 따르면 I 유형에 대비하여 II 유형의 중요도가 약 4.76 정도로 비교 우위인 것으로 나타났고, V 유형은 I 유형과 거의 유사한 중요도인 0.83으로 나타났으며 다른 유형은 상대적으로 미약한 중요도를 가지는 것으로 나타났다(Fig. 3).

II 유형에 대한 다른 유형의 비교 평가는 대체로 0.21~0.23 이내의 중요도를 가지며(Fig. 4), III, IV, V 유형 각각을 기준으로 한 중요도 상대평가 결과들(Fig. 5~7)에서도 II 유형인 인적피해에 대한 중요도가 4.40~4.60의 상대적으로 높게 나타났다. 그러므로 광산에서의 재난 발생시 여타의 피해유형보다도 II 유형(인적피해)이 가장 큰 중요도를 가지는 것으로 판단할 수 있다. 또한 이후의 업무영향력 분석에서도 인적피해에 의한 영향력이 단연 우선시 될 것임을 유추해 볼 수 있다. 이밖에 III 유형과 IV 유형은 각각의 상대평가 결과 타 유형에 대해 비교적 유사한 중요도를 가지는 것으로 나타났다(Fig. 5, 6).

4.3.2 피해유형 기준항목별 가중치 산출

피해유형 기준항목별 각각에 대한 상대적인 중요도 조사결과를 바탕으로, 재난 발생에 따른 피해유형별 영향력 파악을 위한 가중치를 산정하였다(Table 5). 이렇게 산출된 기준 항목별 가중치 분포는 5개 기준항목의 가중치 합을 1로 기준하여 Fig. 8에 나타냈다.

재난발생에 따른 피해유형 기준항목별 가중치는 II 유형(인적피해)에 대한 가중치가 다른 피해 유형의

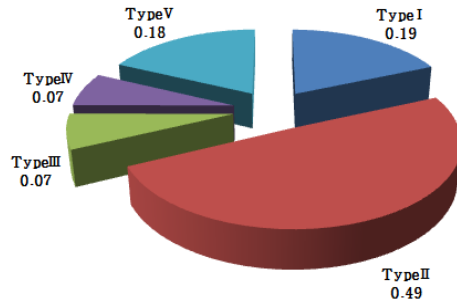


Fig. 8. Weight value of five damage types

가중치에 비해 최소 약 2.6배에서 최대 약 7배까지 상대적으로 높음을 알 수 있다. 압도적인 가중치 비중을 나타내는 II 유형 이외에는 I 유형과 V 유형이 거의 유사한 가중치를 나타내고, III 유형과 IV 유형이 가장 낮은 가중치로 유사하게 나타났다.

4.3.3 업무단위 구분 및 업무우선순위 도출을 위한 가중치 적용

4.2절의 리스크 평가결과에서 상대적 위험구간으로 평가된 파분쇄 및 분립선별 시설 갱내화 구간을 기준으로, 선행 및 후행업무들을 1)안전관리, 2)상시 및 비상관리, 3)원석조달, 4)파분쇄 및 선별, 5)생산품 관리, 6)연계작업관리 순으로 총 6개의 업무단위로 간략하게 구분하고 정의하였다. 가시적인 간편성을 위하여 간략하게 구분한 각 업무단위들에 대한 보다 세부적인 업무단위 구분내용은 1)안전 관리자 지정 및 안전관리계획수립, 2)계측(모니터링)을 통한 갱내 상시 및 비상관리, 3)채광된 원석 조달, 4)파분쇄 및

Table 5. Weight value of five damage types

Type	Type I	Type II	Type III	Type IV	Type V	Weight
Type I	0.14 ^a	0.11 ^b	0.26 ^c	0.26 ^d	0.17 ^e	0.19 ^f
Type II	0.66	0.53	0.33	0.33	0.61	0.49
Type III	0.04	0.12	0.08	0.07	0.04	0.07
Type IV	0.04	0.12	0.08	0.07	0.04	0.07
Type V	0.12	0.12	0.26	0.26	0.14	0.18
Total	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

[ex] : a~e (from Table 3 data)

a = 1.00/7.17, b = 0.21/1.88, c = 3.40/13.33, d = 3.60/13.86, e = 1.20/7.16, f = (a+b+c+d+e)/5

분립선별 과정, 5)생산품출하관리, 6)갱내외 연계작업관리 순이다. 이같이 업무단위를 구분하고 정의하는 것은 재난 예방 및 재난발생시 업무 연속성을 유지하기 위하여 대비, 대응, 복구 등의 업무 수행 시 우선순위 업무를 파악하고 조치하기 위함이며, 현장 실무진과 현장적합성에 대해 검토 후 선정한 결과이다.

이렇게 정의한 6개 업무단위 각각에 대하여 Table 3의 5가지 피해 유형이 재난발생시 끼치는 영향력에 관한 설문을 실시하였다. 예를 들어, 재난 발생으로 5)생산품관리 업무에 차질이 생길 경우 한 설문자는 I, III, IV 유형에 대한 피해 영향이, 다른 설문자는 III, IV 유형에 대한 피해영향이 생길 수 있다고 응답하는 식이다. 이렇게 업무단위별 피해유형 평균지수를 산출하고, 여기에 Fig. 8의 피해유형(I ~ V)별 평균가중치를 적용한 6개 업무단위별 각각의 가중치와

우선순위를 아래의 Fig. 9, Table 6과 같이 나타냈다.

Table 6에서 나타난 바와 같이 각 업무단위별로 가중치 합계가 높은 순으로 업무 우선순위를 선정한 결과, 0.68의 상대적으로 높은 가중치 합계를 나타낸 6)연계작업관리 업무가 재난발생시 업무 연속성을 유지하기 위하여 가장 우선적으로 고려되어야 하는 것으로 나타났다. 다음으로 고려할 업무는 0.41의 가중치를 나타낸 3)원석 조달 업무인 것으로 나타났다. 그 밖에는 4)파분쇄 및 선별 업무와 5)생산품 관리 업무 순으로 각각 0.29, 0.28의 유사한 가중치를 나타냈으며, 1)안전관리 업무와 2)상시 및 비상관리 업무 순으로 가중치에 따른 업무우선순위를 나타냈다.

Table 6에 나타난 6개 단위업무별 가중치에 대하여 전체 가중치 합에 대한 백분율로 환산하여, 각 업무별 비중을 표현한 결과는 위의 Fig. 10과 같다. 이에 따라

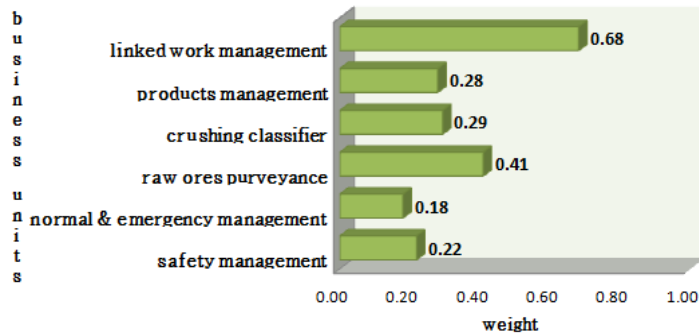


Fig. 9. Weight of business units

Table 6. Weight & priority rank of business units

Business units \ Type	I	II	III	IV	V	weight sum	priority
Weight	0.19 ^a	0.49 ^b	0.07 ^c	0.07 ^d	0.18 ^e		
Safety management	0.15 ^f	0.23 ^g	0.46 ^h	0.23 ⁱ	0.15 ^j	0.22 ^k	5
Normal & emergency management	0.15	0.23	0.31	0.23	0.00	0.18	6
Raw ores purveyance	0.46	0.38	0.85	0.85	0.08	0.41	2
Crushing & classifier	0.31	0.23	0.77	0.77	0.08	0.29	3
Products management	0.31	0.23	0.77	0.77	0.00	0.28	4
Linked work management	0.85	0.77	0.85	1.00	0.08	0.68	1

[ex] : f~j (survey data ave.)

$$k = a*f + b*g + c*h + d*i + e*j$$

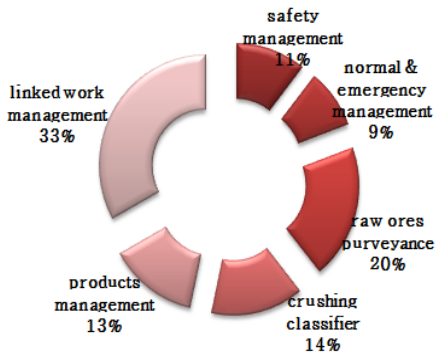


Fig. 10. Percentage of business units' weight

면, 본 현장의 경우 6개의 단위 업무들 중 6)연계작업 관리와 3)원석조달업무만 잘 관리하여도 전체 피해의 약 53%를 감소시킬 수 있을 것으로 유추해 볼 수 있다.

5. 결론 및 고찰

갱내 파쇄선별시설을 설치한 OO광업을 대상으로 재난관리를 위한 리스크 평가결과, 적재 및 운반공정과 파분쇄 및 분립선별 공정의 7개 리스크에 대하여 가장 위험한 것으로 나타났다. 리스크 발생시 광산 업무에 끼치는 피해영향을 정량적으로 평가하기 위하여 I 재산피해, II 인적피해, III 사회적 피해(고객신뢰도), IV 부서간 연계업무중단, V 대외 연계업무중단 등 5개의 피해유형을 정의하였으며, 각각의 기준항목들에 대한 상대적인 중요도 비교평가를 실시하였다.

1. 그 결과 II 유형이 그 외의 유형에 비하여 약 4.4~4.8배 정도의 상대적 중요도를 나타내는 것으로 나타났다.
2. 또한 I ~ V 피해유형에 대한 가중치 산출결과, II 유형은 타 피해유형 기준항목에 비하여 약 2.6배~7배의 상대적으로 높은 가중치를 나타냈다.

또한, 본 연구에서는 재난발생시 업무 연속성 유지를 위해 갱내 파쇄선별시설을 기준으로 선·후행 업무

들을 1)안전관리 2)상시 및 비상관리 3)원석조달 4)파분쇄 및 선별 5)생산품관리 6)연계작업관리 등 총 6개의 업무단위로 정의하여 업무 복구 우선순위를 다음과 같이 분석하였다.

1. 6개의 단위 업무들 중에서 업무우선순위가 가장 높은 것은 6)연계작업관리업무인 것으로 나타났으며, 두 번째 업무우선순위로는 3)원석조달 업무, 그다음은 순차적으로 4)파분쇄 및 선별, 5)생산품 관리, 6)안전관리, 2)상시 및 비상관리업무 순으로 평가되었다.
2. 결국 OO광업 현장의 경우 위험도 높은 제4공정(파분쇄 및 분립선별)의 기계작동시 안전수칙준수 불이행으로 인한 사고(리스크)가 발생할 경우, 우선적으로 6)갱내외의 연계작업이 원활하게 이루어지도록 하여야 업무연속성을 유지할 수 있음을 알 수 있었다.

차후의 연구에서는 이 같은 업무우선순위에 따른 단위 업무별 사전 대비 및 대응 계획 수립, 재난발생시 복구 계획 및 조치사항 등에 대하여 작업자별로 실질적 적용성을 고려하여 분석해야 할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년도 지식경제부의 재원으로 한국 에너지기술평가원(2011201030040)의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Korean agency for technology and standards (2002), KS A ISO/IEC Guide 73, pp. 1-6.
2. Disaster focus, (2010), "Japan, shikoku construction BCP certification", Internet homepage (<http://www.di-focus.com>)
3. Hyun, K.C., Min, S.Y., Moon, J.B., Jeong, G.H.,

- Lee, I.M. (2012), "Risk management applicable to shield TBM tunnel", Journal of Korean Tunneling Association, Vol. 14, No. 6, pp. 667-697.
4. Korea Business Continuity Planning Association Inc (2011), Tectbook for advanced course of disaster management, pp. 181-214.
 5. Lee, S.M., Kim, S.M., Lee, Y.H. (2012), "Introduction of the M (i,j,k) BCP and risk assessment of underground limestone mine", Tunnel and underground space, Vol. 22, No. 6, pp. 383-392.
 6. Ministry of Government legislation (2013), Internet homepage (<http://www.law.go.kr>)
 7. Ministry of trade, industry & energy (2013), Internet homepage (<http://www.motie.go.kr>)
 8. Paul Hopkin (2012), Fundamental of risk management, Koganpage, pp. 187-197.
 9. Saaty, T.L. (1980), The analytic hierarchy process, McGraw-Hill, New York.
 10. Yonhapnews article (2013), "The death toll from china's mine accident reached 800 in this year", Internet homepage (<http://www.yonhapnews.co.kr>)
 11. Yoon, Y.K., Seo, S.M., Choi, B.H. (2013), "Risk assessment with the development of CAES underground storage cavern", Tunnel and underground space, Vol. 23, No. 4, pp. 319-325.
 12. You, K.H. (2010), "A case study on the optimal tunnel design based on risk analysis", Journal of Korean Tunnelling Association, Vol. 12, No. 5, pp. 379-387.