

건설공사 상대적 위험도 산정

손기상[†] · 양학수* · 갈원모**

서울산업대학교 안전공학과

*덕원블라스트시스템

**서울보건대학 안전보건과

(2006. 2. 17. 접수 / 2006. 7. 10. 채택)

Estimating Relative Risk Level of Construction Work

Ki Sang Son[†] · Hak-Soo Yang* · Won Mo Gal**

Department of Safety Engineering, Seoul National University of Technology

*Dukwon Blast System Company

**Department of Safety&Health, Seoul Health College

(Received February 17, 2006 / Accepted July 10, 2006)

Abstract : Standard safety management costs can not be applied to each site with same rate, it is very difficult, because it depends on the experience, work method, work kind, work progress schedule, and hazard level of each construction company. Therefore, this study is to find out hazard level of each work kinds through questionnaire and interview and investigate analyze the status which standard safety management costs have been used. Also, this study is to show reasonable rates of standard safety management costs in construction industry and to set up countermeasures against those problem after reviewing its status in Korea with in Japan and Europe.

The domestic system of standard safety management costs is not considered in the foreign country, while only related subjective items have been investigated and evaluated for this study.

This study is to investigate eleven project kinds of domestic system, first, and to investigate eleven items of apartment bldg, office, civil work such as bridge, tunnel, dam, plant etc, secondly. Additionally, three items of gymnasium, railway, particular steel tower are investigated in this study. Also this study is to investigate and analyze performed costs of presently processing worker finished work so that it shows a new reasonable rate against standard safety management costs in construction industry, in order to make basic data and material to be systemized.

Key Words : risk level, safety management cost, estimation model, hierarchy

1. 서론

산업안전보건관리비가 1988년 2월 15일 “건설공사 표준 안전관리비 계상 및 사용기준 노동부 고시 제88-13호”이 처음 도입된 이래 지금까지 2005년 3월 17일 제 2005-6호가 공포되기까지 14회에 걸쳐 개정되었다. 적정비용을 공사규모, 공법, 구조적 특성에 따라 전체공사비의 1.5~2.0%로 추산되고 있다^{1,4,7)}.

이는 산업안전보건관리비가 건설현장의 다양한

요구에 적용되도록 하기 위한 연구 노력의 일환이라 하겠다. 그러나 공사방법이 시공사의 경험, 선택공법, 공사종류, 공정, 위험도 등에 따라 달라 질 수 있기 때문에 일률적 적용이 곤란하다는 것이 여전히 해결해야 할 문제점으로 지적되고 있다^{2,3)}.

본 연구에서는 아파트, 주상복합, 병원, 상가를 한 종류로 하고 플랜트, 교량, 터널, 항만, 상·하수도 공사, 도로신설공사, 전기공사, 정보통신공사, 문화재수리공사, 소방시설공사 총 11가지로 분류하여 조사하였으며, 추가로 체육관시설골프장, 철도레도공사, 특수철탑 3가지를 고려하였고, 외국제도 및 건설현장에 대해 조사·비교하고, 둘째, 국내에서 많은 부

[†] To whom correspondence should be addressed.
ksson@snut.ac.kr

분을 차지하고 있는 아파트, 사무실 공사, 또한 토목 공사로서 장비 위주의 공사가 대부분인 교량(도로 포함), 터널(도로포함), 댐공사, 플랜트 공사 등 11개 분야에 대해 현재 진행 중이거나 완료된 공사비의 집행내용을 비교·분석하여 새로운 건설업 산업안전보건관리비의 적정 요율을 제시함으로써 제도화의 기초자료가 되도록 하고자 한다.

산업안전보건관리비의 실제 적용율, 해당 작업별 산업안전보건관리비 사용기준 등 제도의 취지와 제도 운영 실태 조사·분석(1차) 해당 작업 종사자 및 안전관리자등 사업장을 대상으로 산업안전보건관리비의 사용실태, 문제점, 개선점 등의 타당성 조사(설문 및 면담)(2차)한다.

AHP분석은 아파트, 플랜트, 교량, 터널, 댐, 항만, 상·하수도, 도로신설, 전기, 정보통신(시내, 광케이블), 문화재 수리, 소방시설공사, 체육관, 철탑등 14가지를 2차 설문조사에서 결정된 위험도를 기초로

위험정도를 3그룹으로 나누어 AHP분석용 설문을 경력 15년 이상 전문가 그룹으로부터 직접 응답 받아 통계·분석하여 14가지의 상대적 중요도를 산출하여 위험도에 따른 제안요율을 제시한다.

따라서, 본 연구에서는 공사의 위험도 및 공사특성 등에 따른 건설업 산업안전보건관리비 사용 실태 등을 조사·분석하고, 계상기준·요율 등을 개선하여 건설업 근로자의 안전·보건을 위한 적절한 비용을 확보토록 하여 제도의 내실화를 도모하고자 하며, 산업안전보건관리비의 개정(안)도 제시하도록 하겠다.

2. 위험도 관련규정

한국, 일본, 스위스, 미국내에서도 위험도를 고려한 비용 산출 규정을 두고 있지 않으나 독일에서는 Table 1과 같은 규정을 두고 있다.

Table 1. Risk level of germany on the construction work

classific.	number	work types	risk level
1	02	경작지 건설 토공사	5.0
	07	고고학 발굴작업	
	10	독자적인 토공사(매설관로용, D장 참조) : 비탈도랑 및 타 토양탐사. 단, 터널링공사는 포함되지 않은 것임	
	13	치수공사, 바닥, 경사면 및 해안고정. 단, 물쪽으로 부터가 아니며 건축상의 설비가 없음	
	18	개간, 벌목	
	20	도로, 장소의 건축 및 관리	
	22	차선 마킹, 보호패널, 도로표시, 차단기 등의 교통제어 및 교통 소음 방지 시설, 방음 및 반사 방지벽(파일 드라이빙 또는 터널링 작업이 주로 이루어지는 경우는 이험장소 분류 17을 참조)	
	25	운동장 건축	
	11	쓰레기장, 위험물 하치장의 관리	
	15	지하수 천공	
	2	23	
3	27	안전지주 설치	5.2
4	28	제반 열차의 선로 및 궤도, 궤도버스용 시설 및 공장선로의 위험구역 내에서의 타 작업	8.8
5	30	전선도관, 기둥우편설비 및 이들의 수갱을 위한 토공사, 판벽, 매설 및 콘크리트 현장주입공사	3.8
6	31	운하도관 및 이들의 개방식 수갱을 위한 토공사, 매설 및 콘크리트 현장주입공사, 개방식 도랑도 포함	7.0
	32	물, 가스, 휘발유, 기름등의 배관, 원거리 난방	
	37	기초, 단, 압축공기로 다진 바닥 아님	
	33	생물도관	
7	34	관로와 수갱(마, 다의 수갱은 포함되지 않음)의 위생처리(청소, 소독작업, 운하청소	6.9
	45	하수용 건축물	
8	46	관로와 교통설비, 교통업페로, 산사태업페로의 교량, 지하도 및 고가로	11.2
	48	부두시설, 방파제, 계선주	
	49	수문, 봉쇄장치(라켓 및 풀을 이용한 기구)	
	66	관로의 위생처리(청소, 소독작업), 선로건축, 통행면의 교정, 시일링 콘크리트 주입, 관로, 벽 및 천정의 추가설치 등의 단면이 완전한 지하설비내의 독자적인 내부 설치물 및 내장공사	

건설공사 상대적 위험도 산정

9	35	압입, 수평터널(드릴)링, 지층 뚫기 및 기타	17.5
	63	지하채굴방식과 패널축조방식 이나 부분 및 완전 절삭기계에 의한 갱도, 터널 및 공동. 부수수갱, 기타 지하채굴작업. 단, 12는 포함되지 않음	
10	12	물쪽으로 부터의 바닥 및 경사면 고정	11.0
	16	부상 준설기 작업, 흙인 및 행굼 작업	
	65	지하차고	
11	06	판벽작업으로 건축기초의 안전공사. 단, 시이트 파일벽 이나 보어 파일벽은 포함되지 않음	10.5
	39	건축 기초개 및 토벽의 고정, 경사면의 안전공사	
	55	램파일, 심파일 등의 파일 박기 및 뺄기작업	
	56	파일과 비임을 위한 드릴작업, 보어파일의 제작 및 보어 빔 넣기, 자갈기동, 구멍안에서의 작업	
	57	주입 및 결빙 등을 통해 토양을 단단하게 하기	
	58	지하수면 탐사를 위한 드릴작업, 지하수면 낮추기	
12	19	폭파작업, 탄약제거	5.9
	21	토양의 모르타르 작업	
13	70	사무직, 기술직 직원(사무실 근무)	1.0
14	54	토목공사를 위한 취급 완성품의 즉자적인 제조	6.6
	72	건축작업장의 설비 보관장소, 철근 작업장, 공작서, 기계 및 설비 리스	
	79	공사용 차량관리	
15	71	자영업자 보험	5.4

* 독일건설BG 베를린 1986. 2. 22, AZ 111. 6921, 50/11-674/88

3. 적용성 설문조사 및 분석

3.1. 설문대상 통계학적 분석

이번 설문조사는 현장에서 실시한 사용실태조사를 바탕으로 현재 사용되고 있는 효율을 탈피해서 각 분야 전문가들이 각 공사의 규모, 금액, 위험도별로 가장 적합한 효율, 또는 바람직한 효율, 희망하는 효율을 적도록 하였다.

설문대상은 각 분야 공사에 경험이 있는 관리자로 제한하였으며, 객관성을 유지하기 너무 큰 오차가 나는 설문은 제외하였다. 설문에 참여한 196명은 다음과 같이 분류된다.

Table 2. Statistics of questionnaire answer

proj. Types	APT BLDGs	plant	bridge	tunnel	dam
ques.Res	57	21	55	44	22
proj. Types	port	road constr.	elctrical work	cable (city)	cable (optical)
ques.Res	20	45	20	21	21
proj. Types	ancient property	fire extinguish	ware & sewage	gymnasium	steel tower
ques.Res	20	20	24	20	22
total	312 responses				

3.2. 건설공사별 상대적 위험도 AHP분석

14가지 건설공사 종류에 대하여 각각 상대적으로 얼마나 중요한가 즉, 위험한가를 분석하기 위하여 AHP 분석 기법을 적용하였다.

여기서 말하는 AHP 분석기법은 보통 정책의 우선 순위를 결정할 때 많이 사용되는 기법으로 분석대상 각 항목마다 그 중요도가 소수 형태로 결과치로 나타나게 된다. 이에 나오는 중요도 값을 모두 합하면 1.00이 되도록 구성된다.

3.2.1. 매트릭스 작성을 위한 설문 위험도 재분류

14종의 공사를 일시에 상대평가 하는 것은 불가능하므로 2차 설문 조사시에 받은 공사별 위험도를 집계하여 3개의 Group으로 분류하였다.

여기서 말하는 공사별 위험도는 1~10까지의 지수를 사용하였으며, 설문응답자가 경험한 공사종류만을 설문토록 하였다.

객관성과 전문성을 고려하여 건설 안전관리경력 10년 이상의 차, 부장급 이상의 현직 전문가들에게 설문을 의뢰하여 총 20건을 응답 Data를 기초로 하였다.

그러나 설문응답자 각각의 주관적 의견이 강하게 작용된 점을 보완하기 위하여 설문을 집계하여 위험도를 재분류하였다.

Table 3. The average risk level on the work type

kinds	APT BLDGs	plant	bridge	dam	port	tunnel	ware & sewage	road constr.	steel tower	gymnasium	ancient property	fire exting.	electric work	cable (city)	cable (optical)	total
SUM	429	163	436	140	112	306	140	241	154	106	96	101	144	142	141	2851
N	57	21	55	22	20	44	24	45	22	20	20	20	20	21	21	432
SUM/N	7.526	7.762	7.927	6.364	5.600	6.955	5.833	5.356	7.000	5.300	4.800	5.050	7.200	6.762	6.714	96.149
marginal			7.928								4.799					

여기서 SUM은 각 공사종류별로 응답한 설문지의 위험도에 대한 총계이며, N은 응답자수, SUM/N은 그 산술 평균을 의미한다.

앞에서 언급한 바와 같이 위험도를 1~10까지의 지수로 표기하기 위하여 한계보정 즉, 산술평균값이 가장 높게 나온 교량(7.927)과 가장 낮게 나온 문화재 공사(4.800)의 산술평균값을 적용하여 보정하였다.

(1) 보정기준

- 가) 전체산술평균 값은 각 공사종류의 산술평균에 대한 산술평균값임 (※유효자릿수는 소수셋째)
- 나) 매트릭스 작성을 위하여 상기 위험도를 다시 1~10의 범위에 들어가도록 보정하여 재분류
- 다) 보정시 최대값은 “10” 미만이어야 하므로 유효숫자 소수점 세 자리에서 보정함(7.927→7.928)
- 라) 보정시 최소값은 “0”을 초과해야 하므로 유효숫자 소수점 세자리에서 보정함(4.800→4.799)
- 마) 위험도 재분류 범위 및 기준은 Table 4와 같다.

(2) 공사종류별 위험도의 상대적 보정

위의 보정 기준에 의하여 공사종류별로 위험도를 재분류한 결과는 Table 5와 같다.

3.2.2. AHP 분석을 위한 매트릭스 작성

(1) 계층별 분류

AHP 분석을 위하여 먼저 매트릭스를 작성하여야 하는데, 이를 위해서는 재분류한 공사종류를 아래 표와 같이 위험도를 3개 군으로 나누어 상위계층과 하위계층으로 구성하였다.

Table 4. Range and standard of risk reclassification

Correction Value	Reclassified Risk Level
0.000~1.000	1
1.001~2.000	2
2.001~3.000	3
3.001~4.000	4
4.001~5.000	5
5.001~6.000	6
6.001~7.000	7
7.001~8.000	8
8.001~9.000	9
9.001~10.000	10

Table 6. Classification of construction work on the risk type

risk lev.	upper hierachy	lower hierachy
8~10	group "A"	APT, bridge, plant, steel tower, electrical work
4~7	group "B"	dam, tunnel, water & sewage, cable
1~3	group "C"	port, road, gymnasium, ancient property, fire extinguishing

(2) 매트릭스

AHP 설문을 실시하기 위하여 Fig. 1과 같이 매트릭스를 작성하고 부록 에 있는 AHP 설문을 작성하였다.

3.2.3. 공사종류별 AHP 분석 결과

AHP 설문지에 의하여 분석된 최종 AHP 분석결과는 Table 7과 같이 나타났다.

분석결과 플랜트 및 교량공사는 상대적으로 가장 위험한 공사로 분석되었으며, 소방설비, 문화재 수리 공사는 상대적으로 가장 덜 위험한 공사로 나타났다.

Table 5. Modify the risk on the work type

items	APT BLDGs	plant	bridge	dam	port	tunnel	ware & sewage	road constr.	steel tower	gymnasium	ancient property	fire exting.	electric work	cable (city)	cable (optical)
corrected risk level	8.716	9.469	9.998	5.00	2.560	6.889	3.306	1.779	7.034	1.601	0.003	0.802	7.673	6.273	6.121
reclassification	9	10	10	5	3	7	4	2	8	2	1	1	8	7	7

건설공사 상대적 위험도 산정

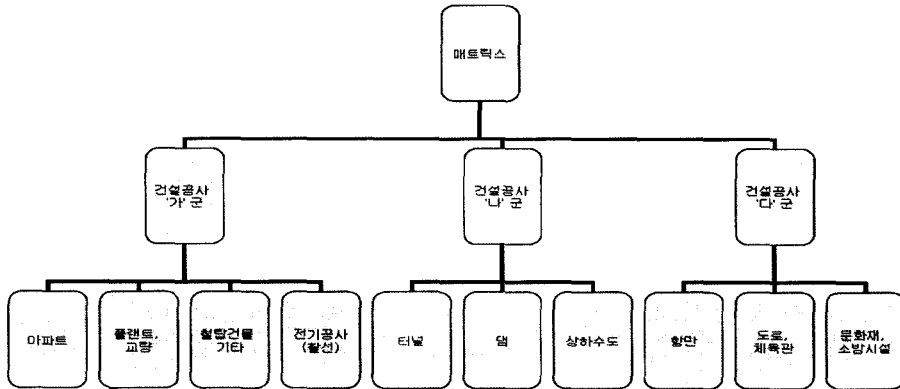


Fig. 1. Matrix for AHP analysis.

Table 7. AHP analysis result on the work type

order risk level	symbols	project types	상대적 중요도(위험도)
1	H3	plant, bridge	0.256 <input type="text"/>
2	M2	tunnel, communicatio cable work	0.231 <input type="text"/>
3	H1	APT, BLDGS	0.140 <input type="text"/>
4	L1	port	0.074 <input type="text"/>
5	M1	dam	0.073 <input type="text"/>
6	M3	water & sewage	0.064 <input type="text"/>
7	H4	electrical work	0.059 <input type="text"/>
8	H2	steel tower	0.055 <input type="text"/>
9	L3	road, gymnasium	0.033 <input type="text"/>
10	L2	fire extinguishing, ancient property	0.015 <input type="text"/>

※ 상대적 위험도 10개항의 계수의 합은 1.000이다.

여기에서 표기된 상대적 중요도 지수 즉, 0.256, 0.231, 0.140... 등은 각 공사별 위험도 수치인데, 이는 계량적 수치로 보기는 다소 곤란한 면이 있으며 다만 위험도의 상대적 순위를 결정할 지수로 봄이 정확하다.

3.3. AHP 설문분석 결과를 고려한 제안요율

현행 산업안전보건관리비 요율을 가지고 앞에서 산출된 AHP 분석결과 즉 상대적 위험도를 고려하여 하나의 새로운 요율을 도출하면 아래 Table 8과 같다.

AHP 분석은 본 연구에서 제시한 14가지 공사에 대해서 상대적 중요도를 산출한 것으로 최소 산업안전보건관리비 요율과 최고 산업안전보건관리비 요율이 중요한 요소이다. 또한 전체 요율 중 최소 산업안전보건관리비 보다는 높아야 하는 당위성이 있다.

따라서 제안요율(B)는

(최대요율 - 최소요율) × AHP 상대적 위험도 지수 + 당해공사 최소요율이 된다.

다시 말하면,

$(3.18 - 0.94) \times \text{AHP 상대적 위험도 지수} + \text{당해공사 최소요율} = 2.24 \times \text{AHP 상대적 위험도 지수} + \text{당해공사 최소요율}$ 이 된다.

여기 제안된 요율은 차후 산정된 금액별 요율 산정식 결과와 비교분석하여 그 유효성을 검증하기 위함이다. 연구초기 계획은 독일의 건설공사 위험도 등급표와 국내공사 분야별 산재보험금액을 고려한 요율을 제안하려 했으나, 각각의 데이터가 본 연구 취지에서와 같이 14개의 공사로 분류하기가 불가능하여 취급하지 않기로 한다.

Table 8. The ratio which it considers AHP analysis result

project types		legal safety cost rates (%)	relative risk level (A)	proposed rates (B)	
general constr. (A)	APT, BLDGS	2.48~1.88	0.140	2.193	
	ancient property	2.48~1.88	0.015	1.913	
	fire extinguishing	2.48~1.88	0.015	1.913	
	gymnasium	2.48~1.88	0.033	1.953	
	steel tower	2.48~1.88	0.055	2.003	
	water & sewage	2.48~1.88	0.064	2.023	
	road	2.48~1.88	0.033	1.953	
	port	2.48~1.88	0.074	2.045	
general constr. (B)	bridge	2.48~1.88	0.256	2.453	
	plant	2.66~2.02	0.256	2.593	
heavy constr	dam	3.18~2.26	0.073	2.423	
	tunnel	3.18~2.26	0.231	2.777	
particular & others	electrcal work	1.24~0.94	0.059	1.072	
	cable	city	1.24~0.94	0.231	1.457
		optical		0.231	1.457

그러나 독일에서는 이와는 달리 별도의 방식에 의하여 공사별 위험도를 산정하고 5년 이내 마다 그 요율을 갱신(update)해 나가고 있는데, 향후에 국내 공사 분야별 산재보험금액이 투명하게 자료로 입력이 가능하다면 이러한 독일의 건설공사 위험도 등급 결정 방식을 고려해 볼 가치가 있을 것으로 사료된다.

4. AHP 분석결과와 비교분석

앞장에서도 언급한 바와 같이 AHP분석은 공사대 공사의 상대적 중요도 즉 위험도를 분석한 것이 주목적으로 그 결과는 중요도의 우선순위로 나타나는데, 공사별 상대적 위험도를 도출하기 위하여 실시한 AHP분석결과는 앞서 Table 7 공사종류별 AHP 분석결과(상대적 위험도)에 나타난 바와 같다.

상대적으로 위험도가 높은 공사는 플랜트, 교량, 터널, 통신케이블, APT 등이며 상대적으로 낮은 공사는 소방설비, 문화재, 도로, 철탑, 전기공사 등이다.

기존 고시 상 대분류를 고정시키는 조건으로 실무 적용검증(3차)결과를 고려하여 재분류한 결과 AHP 분석 결과를 비교하면 아래 Table 9와 같다.

Table 9. Prepare the reclassification and the AHP analysis result

safety law		reclassification from reviewing in practical	results from AHP analysis	
project types	legal rates		relative risk level	
heavy constr	2.26~3.18	dam tunnel	high	bridge plant tunnel cable APT port dam
general constr. (B)	2.02~2.66	APT bridge plant road	relative risk level	electrcal work water & sewage road gymnasium, fire extinguish
general constr. (A)	1.88~2.48	electrcal work water & sewage port, steel tower cable(city), gymnasium, fire extinguish		
particular & others	0.94~1.24	cable(optical) ancient property	low	ancient property

5. 결 론

위험도별 요율 산정을 위한 AHP 설문조사(3차), (플랜트, 교량, 터널, 도로, 댐, 항만) 토목공사에 대한 재분류, AHP설문들을 통해서 공사별과 금액별, 공사별과 규모별, 공사별과 위험도별 요율산정공식을 회귀분석 기법인 통계분석으로 산출하고 공사별 위험도를 결정하였다.

1) 위험도별로 요율을 결정할 경우는 현행요율보다 낮게 산출되는 댐, 항만, 전기, 문화재, 소방, 상하수도 공사에 적용의 타당성이 있으며, 재해율과 사망률에 기초해야하므로 1년간 또는 5년간 단위로 재산정 개정을 해야 한다.

2) 금액 + 규모별 독립변수로 한 요율 산정식은 실무 적용시 지나치게 복잡하여 혼란을 야기할 수 있으므로, 특수공사 또는 AHP 해석된 위험도 상위 그룹공사, 플랜트, 교량, 터널, 통신케이블, 아파트 주상복합, 병원에 대해서만 제한적으로 사용하는 것이 유효할 것으로 사료된다. 발주자와 협의하여 기본요율에 1%이내에서 할증 할 수 있도록 하는 것이 합리적인 것으로 사료된다.

참고문헌

- 1) 진영운, "OFFICE빌딩공사의 가설공사에 대한 적정비용산정에 관한 연구", 서울산업대학교 산업대학원 석사학위논문, pp. 15~20, 1998.

건설공사 상대적 위험도 산정

- 2) 한국건설안전기술협회, “건설공사 안전관리 계획서 작성지침(건설기술관리법 관련)”, 한국건설안전기술협회, pp. 10~15, 1996.
- 3) 강경식 외, “안전시공을 위한 적정공사비 확보방안 연구”, 한국산업안전공단 산업안전연구원, pp. 15~18, 1997.
- 4) 김종환, “건설공사 표준안전관리비의 효율적 운영방안에 관한 연구”, 연세대학교 산업대학원 석사학위 논문, pp. 18~20, 1994.
- 5) 김명현, “건설공사 표준안전관리비 제도의 개선방안에 관한 연구”, 명지대학교 산업대학원 석사학위 논문, pp. 25~40, 1998.5.
- 6) 강영민, “건설공사의 안전관리와 재해 감소대책에 관한 연구”, 경상대 산업대학원 석사학위 논문, pp. 25~45, 2001.
- 7) 양동국, “건설업의 안전보건비용 산출모형 개발”, 한국항공대 경영대학원 석사학위논문, pp. 30~40, 2000.