

# 축열조 공사의 위험분석지수 비교에 관한 연구

이상욱 · 맹인영\* · 이영섭

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 · \*한진중공업  
(2014. 8. 6. 접수 / 2014. 9. 12. 수정 / 2014. 10. 2. 채택)

## A Study on the Comparison of the Indices of Hazard Analyses for the Construction of Heat Accumulator

Sang-wook Lee · In-young Maeng\* · Young-seop Yi

Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology

\*Hanjin Heavy Industries & Construction

(Received August 6, 2014 / Revised September 12, 2014 / Accepted October 2, 2014)

**Abstract** : This study is conducted to compare three methods of hazard analyses and to propose the control for the accidents arising under construction of heat accumulator of group energy projects(co-generation plants). The analysis of fatal accidents and the Analytic Hierarchical Process(AHP) using by the questionnaire survey for the workers engaged in the construction of heat accumulator and the quantitative questionnaire survey of expert group has been carried out. In order to analyze the fatal accidents, the 115 cases of accidents from 2001 to 2012 published by Korean Occupational Safety and Health Agency(KOSHA) and workers suffered from industrial accidents are collected and analyzed. The AHP is applied and analyzed for 66 persons of the construction site managers, safety engineers and construction engineers and the questionnaire survey of expert group is carried out and analyzed for the 51 persons of contractors and construction inspectors. The analyses of the types of accidents and the jobs of the suffered workers and the hazardous construction processes which are occurred accidents frequently are shown. The results of the analysis of fatal accidents and the AHP as well as the questionnaire of expert group are shown similar results.

**Key Words** : hazard analysis of heat accumulator, indices of hazard analysis of heat accumulator, heat accumulator, AHP

### 1. 서론

최근 전력난 등 에너지 부족의 위기를 극복하기 위한 대책으로 원자력발전과 집단에너지사업(열병합발전소)에 관심이 집중되고 있는 실정이다. 원자력발전의 신축 공사는 여러 이유로 인하여 검토단계에 있지만 집단에너지사업은 발전플랜트로서 국가적으로 주목을 받으면서 발주물량과 건설 투자가 꾸준히 증가할 것으로 예상된다<sup>1)</sup> 가운데 활발히 진행되고 있는 실정이다. 본 연구는 증가 추세인 열병합발전소 공사의 핵심인 축열조 공사에 대하여 다음과 같이 3종의 위험분석기법을 이용하여 위험지수 결과를 비교 분석한다. 이 중 위험도가 높은 공종에 대하여 공종별 유해·위험 요인을 도출한다. 또한 공종별 재해의 강도와 빈도를 정량화된 위험지수를 제시하여 경제적이고 합리적인 축열조공사의 안전

관리 계획을 수립하는 자료를 제공하고자 한다. 축열조 공사의 공종을 분류하기 위하여 안전보건공단 발간 ‘탱크공사의 이해’<sup>2)</sup>를 참조하여 축열조 공사의 공종분류표를 작성하였다. 첫 번째 기법인 중대재해 분석을 위하여 안전보건공단의 플랜트 탱크공사 중대재해사례<sup>3)</sup>(2001.9~2012.6)와 축열조 공사 참여 근로자 중 피재자 등 115건을 분석하여 ‘건설업 공종별 위험성 평가모델’<sup>4)</sup>의 위험도 산정식을 활용하여 빈도와 강도를 분석하여 단위작업분류표에 대입하고 위험도를 산정하였다. 두 번째 계층별 분석법은 공사관계자(현장 소장, 안전관리자, 공사담당자) 66명을 대상으로 설문지를 통하여 계층별 분석법(AHP : Analytic Hierarchical Process)<sup>5-6)</sup>을 활용하여 위험지수를 산정하고 비교하였다. 세 번째 기법인 전문가 집단 설문조사<sup>7-8)</sup>는 축열조 공사 발주자 및 감리원 51명을 대상으로 조사 분석을 실시하였다.

\* Corresponding Author : Young-seop Yi, Tel : +82-2-970-6387, E-mail: ysyi@seoultech.ac.kr

Graduate School of Energy and Environment, Seoul National University of Science and Technology, 232 Gongneung-ro, Nowon-gu, Seoul 139-743, Korea

## 2. 축열조공사의 위험지수 비교 분석

축열조 공사의 공종은 대분류로 가설공사, 기초공사, 하부공사, 상부공사 및 기타공사로 구분한다. 가설공사는 Wind girder(작업대) 설치, 낙하물방지망 및 수직보호망 설치 그리고 비계의 설치 및 해체로 구분한다. 기초공사는 토공사, 기초파일 작업, 바닥 콘크리트 공사, Oil sand 포설, Annular plate(바닥 테두리 철판) 설치 그리고 Bottom plate(바닥 철판) 설치로 구분한다. 하부공사는 Shell plate(옆면 철판) 설치, Internal Parts(내부기계장치) 설치, Stairway(계단) 설치 및 Insulation(보온)과 Painting(도장) 작업으로 구분한다. 상부공사는 Roof(Rafta철판/지붕판) 설치 및 Platform 설치로 구분하고 기타공사는 비파괴검사와 Hydraulic Test(충수검사)로 구분한다.

### 2.1 재해사례의 조사 · 분석

플랜트 탱크공사의 중대재해 사례는 2001.9~2012.6까지 11년간 발생한 중대재해 사례 8건을 발굴하고 또한 축열조 공사 전문건설업체의 상위 4개 업체에서 2013.3월 1개월간 산업재해 피재자 101명 중 91명이 작성한 107건의 설문지를 수집하여 총 115건에 대하여 분석하였다. 축열조 공사의 공종은 위와 같이 분류하였고, 재해의 분석을 위하여 재해형태, 기인물 및 직종 등을 주관적으로 작성토록 하였다. 재해형태별 분석에서는 추락(36.5%), 협착(19.1%) 및 낙하물(13.9%)의 순

으로 나타났다. 기인물별 분석에서는 작업발판(9.6%), wind girder(7.8%) 및 shell plate(7.0%)의 순으로 나타났고, 피재자 직종은 제관공(33.0%), 용접공(25.2%) 및 비계공(10.4%) 순으로 나타났다. 그 외에도 작업공종별 재해형태에 대하여 쌍대비교(Cross-tabulation)로 분석하였으며, 각 공종별 대분류, 중분류 및 소분류에 의한 재해건수를 분석하였다. 그 대상은 가설공사, 기초공사, 하부공사, 상부공사 및 기타공사로 나누어 각각 분석하였다. 안전보건공단에서 제시한 건설업 공종별 위험성평가모델 위험도 계산식에 의거 발생빈도를 산정한 결과는 다음 Table 1과 같이 Shell plate(옆면 철판) 설치 25.2, Wind girder(작업대) 설치 14.7 및 Roof(rafta철판/지붕판) 설치 13.9의 순으로 나타났다.

안전보건공단에서 제시한 건설업 공종별 위험성평가모델 위험도 계산식에 의거하여 근로손실일수의 환산지수<sup>9)</sup>는 재해자수에 4일~10일은 1, 11일~30일은 2, 31일~90일은 3, 91일~180일은 4, 181일~360일은 5, 360일 이상과 질병 사망은 6 그리고 사고로 인한 사망은 10을 곱하여 산정한 발생강도를 계산한 결과는 다음 Table 2와 같이 Roof(rafta철판/지붕판) 설치가 8.65, 기초파일작업이 8.00 및 비파괴 검사 7.50의 순으로 나타났다.

안전보건공단에서 제시한 건설업 공종별 위험성평가모델 계산식인 사고의 발생빈도 × 사고의 발생강도의 식으로 계산한 결과는 Table 3과 같이 나타났다.

Table 1. Accident frequency by the construction types

Work type	Work type (Mid classification)	number	frequency
Temporary work	Wind girder installation	17	14.8
	Flared shielding installation	4	3.5
	Scaffolding installation & dismantling	7	6.1
Foundation work	Earth work	1	0.9
	Foundation Pile	3	2.6
	Reinforced concrete floor construction	3	2.6
	Bottom plate installation	3	2.6
Lower work	Shell plate installation	29	25.2
	Internal parts installation	9	7.8
	Stairway installation	5	4.4
	Insulation & Paint	12	10.4
Upper work	Roof(rafta) installation	16	13.9
	Platform installation	2	1.7
Miscellaneous	Non-destructive test	4	3.5
Total		115	100

Table 2. Accident severity by the construction types

Work type	Work type (Mid classification)	Conversion Factor	Severity
Temporary work	Wind girder installation	27	3.22
	Flared shielding installation	15	37.5
	Scaffolding installation & dismantling	26	3.71
Foundation work	Earth work	3	3.00
	Foundation Pile	24	8.00
	Reinforced concrete floor construction	7	4.50
	Bottom plate installation	15	5.00
Lower work	Shell plate installation	68	5.95
	Internal parts installation	22	4.85
	Stairway installation	11	2.20
	Insulation & Paint	26	4.25
Upper work	Roof(rafta) installation	65	8.65
	Platform installation	4	2.00
Miscellaneous	Non-destructive test	30	7.50
Total		363	

Table 3. Hazard rate of work units

Work type	work type (mid classification)	Work unit	Frequency	Severity	Risk
Temporary work	Wind girder	Installation & dismantling	9.57	1.55	14.83
		Welding & solidarity	5.22	1.67	8.71
	Flared shielding	Installation & dismantling	3.48	3.75	13.04
	Scaffolding	Outside installation & dismantling	6.09	3.71	22.58
Foundation work	Earth work	Dig & back filling	0.87	3.00	2.61
	Foundation Pile	Piling work	2.61	8.00	20.87
	Ground cnn'c	Rebar Processing & Assembly	1.74	2.50	4.35
		Casting & curing	0.87	2.00	1.74
Bottom	Metal welding & cutting	2.61	5.00	13.04	
Lower work	Shell plate	Material lifting & installation	6.09	2.86	17.41
		Steel plate fixed & welded	19.13	3.09	59.11
	Internal parts	Material lifting & installation	4.35	2.60	11.30
		Pipe lifting & installation	3.48	2.25	7.83
	Stairway	Lifting & Welding	4.35	2.20	9.57
	Insulation & paint	Tin installation	3.48	2.00	6.96
Exterior painting		6.96	2.25	15.65	
Upper work	Roof installation	Rafta Steel lifting	6.09	6.43	39.14
		Shingles lifting	7.83	2.22	17.37
	Platform	Material Lifting & Installation	1.74	2.00	3.48
Miscellaneous	Non-destructive test	Test	3.48	7.50	26.09

위의 Table 3에 의하여 작업공종별 위험도 등급순위는 다음 Table 4와 같이 상(A) 6개, 중(B) 5개 및 하(C) 6개 공종으로 분류하였다.

Table 4. Hazard rate of work units

Work type	work type (Mid classification)	Risk	Risk No.	Risk Rating
Lower work	Shell plate installation	76.52	1	A
Upper work	Roof installation	56.51	2	A
Miscellaneous	Non-destructive test	26.09	3	A
Temporary work	Wind girder installation	23.54	4	A
Lower work	Insulation & paint	22.61	5	A
Temporary work	Scaffolding installation & dismantling	22.58	6	A
Foundation work	Piling work	20.87	7	B
Lower work	Internal part installation	19.13	8	B
Foundation work	Bottom plate installation	13.04	9	B
Temporary work	Flared shielding	13.04	9	B
Lower work	Stairway installation	9.57	11	B
Foundation work	Flat reinforced con'c	6.09	12	C
Upper work	Platform installation	3.48	13	C
Foundation work	Earth work	2.61	14	C
Foundation work	Oil sand	0.00	15	C
Foundation work	Bottom edge of the iron plate installation	0.00	15	C
Foundation work	Hydraulic Test	0.00	15	C

## 2.2 설문조사를 통한 AHP 위험지수 산정

위의 2.1에서 제시한 위험도에 대한 정당성을 확보하기 위하여 축열조 공사현장의 시공전문가인 현장소장 3인, 안전관리자 12인, 공사관계자 35인, 공무원 4인 및 협력사 직원 12인 등 총 66인을 대상으로 설문지를 배포하고 66부의 설문지를 회수하여 분석하였다.

축열조 공사의 공종별 계층화를 위하여 Table 4를 근거로 Group A, B, C에 관한 쌍대비교(Cross-tabulation) 설문을 실시하였다. 설문은 AHP기법을 이용하여 각 Group별 쌍대비교로 가중치를 결정하게 된다. 각 Group별 가중치를 구하기 위하여 AHP기법을 EXCEL Program을 이용하여 분석하였다. Saaty의 9점 평가스케일을 근거로 Group A가 Group B에 비해 5만큼 중요하고, Group B는 Group C에 비해 4만큼 중요하다는 가정 하에 쌍대비교 매트릭스가 구축된다. 이들의 평균 가중치는 Group A, B, C가 각각 0.72, 0.21, 0.07로 구해진다. 의사결정자의 논리적 일관성은 평균값이 3.10, 일관성 비율(CR : Consistency Rate)이 0.1 이하이면 일관성이 있다고 보기 때문에 0.08이므로 일관성이 있다고 판단된다.

회수된 설문지 66부 중 일관성 비율 0.1 이하인 56부만으로 분석하였는데 Group별 가중치는 A는 0.70, B는 0.22, C는 0.08로 나타났고, 일관성비율도 0.06으로 나타났으므로 0.1 이하로 유효하다고 할 수 있다. 각 Group별 가중치를 각 공종에 대한 쌍대비교를 통하여 위험도를 분석한 결과는 다음 Table 5, 6 및 7과 같이

Table 5. The weight value of Group A by types

Work type	Shell plate	Roof	Non-destructive test	Wind girder	Insul' paint	Scaffolding	CR
Total	0.29	0.34	0.06	0.16	0.06	0.10	0.08

Table 6. The weight value of Group B by types

work type	foundation file	Inter' parts	Bottom plate	Flared shielding	Stairway	CR
Total	0.10	0.47	0.09	0.19	0.15	0.07

Table 7. The weight value of Group C by types

work type	Ground con'c	Platform	Earth work	Oil sand	Annular plate	Hyd'Test	CR
Total	0.14	0.35	0.13	0.16	0.17	0.12	0.07

나타났다.

AHP기법을 활용하여 도출한 Group별 가중치(A)와 Group내부에서의 공종별 가중치(B)를 각각 구하여 이를 곱한 값(A x B)에 의하여 위험 순위를 등급화한 결과치는 Table 8과 같이 Roof(Rafta 철골/지붕판) 설치, Shell plate 설치, Wind Girder(작업대) 설치, Internal Parts(내부기계장치) 설치 및 비계 설치 및 해체 등의 순으로 나타났다.

Table 8. The order of AHP hazard rates by work types

Group	Work type	Group Weight (A)	work type Weight (B)	Risk index (A×B)	Risk ranking
A	Shell plate	0.70	0.29	0.201	2
	Roof installation	0.70	0.34	0.235	1
	Non-destructive test	0.70	0.05	0.035	8
	Wind girder	0.70	0.16	0.114	3
	Insulation & paint	0.70	0.06	0.043	6
	Scaffolding	0.70	0.10	0.070	5
B	Foundation file	0.22	0.10	0.022	11
	Internal part	0.22	0.47	0.104	4
	Bottom plate	0.22	0.09	0.019	13
	Flared shielding	0.22	0.19	0.041	7
	Stairway	0.22	0.15	0.033	9
C	Flat reinforced con'c	0.08	0.14	0.011	14
	Platform	0.08	0.35	0.028	10
	Earth work	0.08	0.13	0.010	15
	Oil sand	0.08	0.10	0.008	17
	Annular plate	0.08	0.17	0.013	13
	Hydraulic test	0.08	0.12	0.010	16

### 2.3 전문가 설문조사를 통한 위험지수 산정

위에 제시한 위험도의 정당성을 확보하기 위해서 플랜트 축열조 공사현장의 감리원 24명과 발주자 27명, 총 51명에게 설문을 의뢰하였으며, 총 51부의 설문지를 회수하여 분석하였다.

전문가의 정성적 설문조사 분석결과는 Table 9와 같이 A그룹이 Shell plate 등 6개 공종, B그룹이 기초파일 작업 등 5개 공종 및 C그룹 바닥 콘크리트 공사 등 6개 공종으로 나타났다.

### 2.4 위험지수 비교 분석

재해사례 설문 분석을 통하여 발생빈도와 발생강도를 곱하여 산정된 위험도와 AHP기법을 이용하여 산정된 위험지수, 전문가의 정성적 설문을 통해 산출된 위험지수를 비교 정리한 순위가 Table 10과 같다.

설문조사를 통한 계층별분석법(AHP) 결과에서 계층화(Group A, B, C)한 Group별 가중치 결과는 Group A는 0.70, Group B는 0.22, Group C는 0.08로 분석되었고, 평균 일관성 비율은 0.06으로 나타났다. 이는 재해사례분석 결과와 AHP 결과의 위험도 높은 순위가 일치하여 가중치 분포가 적정한 것을 알 수 있었다.

작업공종에 대한 위험지수 순위는 Roof(Rafta/지붕판) 설치, shell plate 설치, Wind Girder 설치, Internal

Table 9. Work type risk ranking by Expert survey

Group	Work type	Work type Total(A)	Relative weight (A/153)	Risk index	Risk ranking
A	Shell plate	787	5.14	0.303	1
	Roof installation	783	5.12	0.301	2
	Non-destructive test	482	3.15	0.185	9
	Wind Girder	716	4.68	0.275	3
	Insulation & Paint	557	3.64	0.214	6
	Scaffolding	668	4.37	0.257	4
B	Foundation file	399	2.61	0.153	10
	Internal Parts	603	3.94	0.232	5
	Bottom plate	366	2.39	0.141	11
	Flared shielding	551	3.60	0.212	7
	Stairway	550	3.59	0.211	8
C	Flat reinforced con'c	247	1.61	0.095	13
	Platform installation	361	2.36	0.139	12
	Earth work	215	1.41	0.083	14
	Oil sand	153	1.00	0.059	16
	Annular plate	212	1.39	0.082	15
	Hydraulic Test	154	1.01	0.059	17

Table 10. Compare risk index ranking for the Construction of Heat Accumulator

Group	Work type	Risk index number						
		Disaster case Risk	No.	AHP Risk index	No.	Expert survey Risk index	No.	Risk ranking
Group A	Shell plate	76.52	1	0.200	2	0.101	1	A
	Roof (Rafta)	56.51	2	0.236	1	0.100	2	A
	Non-destructive test	26.09	3	0.038	8	0.062	9	B
	Wind Girder	23.54	4	0.114	3	0.092	3	A
Group B	Insulation & Paint	22.61	5	0.044	6	0.071	6	A
	Scaffolding	22.58	6	0.069	5	0.086	4	A
Group C	Foundation file	20.87	7	0.022	11	0.051	10	B
	Internal Parts	19.13	8	0.105	4	0.077	5	A
	Bottom plate	13.04	9	0.019	13	0.047	11	B
	Flared shielding	13.04	10	0.041	7	0.071	7	B
	Stairway	9.57	11	0.033	9	0.070	8	B
	Flat reinforced con'c	6.09	12	0.011	14	0.032	13	C
	Platform	3.48	13	0.028	10	0.046	12	C
	Earth work	2.61	14	0.010	15	0.028	14	C
	Oil sand	0.00	15	0.008	17	0.020	17	C
	Annular plate	0.00	16	0.013	13	0.027	15	C
Hydraulic Test	0.00	17	0.010	16	0.020	16	C	

Parts 설치, 비계 설치 및 해체, Insulation & Paint 순으로 나타났다.

전문가의 정성적 설문조사 분석결과 위험지수 순위는 shell plate 설치, Roof(Rafta/지붕판) 설치, Wind Girder 설치, 비계 설치 및 해체, Internal Parts 설치, Insulation & Paint 순으로 나타났다.

재해사례 분석을 통한 위험도 산정 결과와 AHP기법 위험지수 산정 결과, 전문가 정성적 설문 결과를 비교하여 볼 때 위험지수의 순위가 대부분 일치하였고, AHP기법으로 도출된 위험지수와 전문가 설문을 통한 위험지수를 통해 신뢰성과 검증의 타당성이 확보되었다고 볼 수 있다.

### 3. A등급의 간략한 대책

3가지 분석기법을 합산한 결과 A등급(중점관리 등급) 6개 공종은 Shell plate(옆면 철판) 설치, Roof (Rafta철판/지붕판) 설치, Wind Girder(작업대) 설치, Insulation(보온) & Paint (도장), 비계 설치 및 해체, Internal Parts(내부기계장치) 설치작업 순으로 나타났다.

가장 위험도가 높은 Shell plate(옆면 철판) 설치작업의 간략한 대책은 근로자 보호구 미착용으로 인한 사고를 예방하기 위하여 보호구를 필히 착용토록하고 상부와 하부에서 동시에 작업이 이루어질 경우 낙하물 방지망을 설치하거나 신호수를 배치토록 하고, 가설전선의 피복손상으로 인한 전격을 방지하기 위하여 수시로 점검하고 보수해야 하며, 인양기의 전복을 방지하

기 위하여 아우트리거(outtrigger)에 확실하게 받침목을 설치하여야 한다.

Roof(Rafta철판/지붕판) 설치작업의 간략한 대책은 근로자 보호구 미착용으로 인한 사고를 예방하기 위하여 보호구를 필히 착용토록하고, Rafta 인양 시 수평 불량으로 인하여 근로자가 충돌되지 않도록 2줄 걸이 결속에 의한 수평을 유지해야 하며, 인양고리나 외이 어로프가 파단되지 않도록 사전 검사 및 변형된 자재는 사용하지 않아야 한다. 피복손상으로 인한 전격을 방지하기 위하여 수시로 점검하고 보수해야 한다.

Wind Girder(작업대) 설치작업의 간략한 대책은 근로자 보호구 미착용으로 인한 사고를 예방하기 위하여 보호구를 필히 착용토록하고, wind girder 단부에서 추락을 방지하기 위하여 추락방지설비를 설치하고, 작업대 간 결속이 미흡하여 작업대가 탈락하지 않도록 발판과 난간대를 확실하게 결속해야 하며, wind girder를 인양하여 결속작업을 끝내기 전에 연결부를 해체하면 거더(girder)가 낙하하므로 확인하고 작업을 실시해야 한다.

Insulation(보온) & Paint (도장)작업의 간략한 대책은 근로자가 안전대를 착용하지 않고 작업 중 추락사고를 예방하기 위하여 안전대를 필히 착용토록하고, 이동통로에 보온자재를 적재하면 걸려 넘어지므로 적재장소에만 적재토록 하고, 상부와 하부에서 동시에 작업 시 하부 근로자가 낙하물에 맞지 않도록 작업지휘자를 배치하고, 보온재 주변에서 용접 작업 시 불꽃으로 화재가 발생할 수 있으므로 주의해야 하며, 달비계의 와이어

로프의 파손으로 추락이 발생되지 않도록 탈락 여부를 수시로 점검해야 한다.

비계 설치 및 해체작업의 간략한 대책은 근로자가 안전대를 착용하지 않고 작업 중 추락사고를 예방하기 위하여 안전대를 필히 착용토록하고, 비계의 기둥의 부등침하로 인하여 붕괴사고가 우려되므로 기둥 밑단에는 밑받침 철물 등과 같은 침하방지조치를 취해야 하고 비계 발판에 과적재하지 않도록 해야 하고, 벽이 음 철물과 가새 등을 필히 설치하여 비계가 붕괴되지 않도록 해야 한다.

Internal Parts(내부기계장치) 설치작업의 간략한 대책은 근로자가 안전대를 착용하여 추락사고를 예방해야 하고, Orifice 인양 중 인양고리와 와이어로프의 파단을 방지하기 위하여 손상 또는 변형된 자재는 사용하지 않아야 하고, 지붕(roof)에서 오리피스(orifice)로 이동 시 근로자 추락을 방지하기 위하여 승강설비를 필히 설치해야 하며, 후크(hook)에는 후크해지장치를 필히 장착하고, 과부하방지장치를 필히 장착해야 한다.

#### 4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 열병합 발전소에서 사용자에게 난방수를 공급하고 남은 잉여열을 저장하는 축열조 공사에 대하여 안전보건공단의 중대재해사례와 피해 근로자의 재해사례설문을 바탕으로 115건의 재해사례를 분석하여 재해빈도 및 재해강도를 산정하고, 위험도 분석을 통하여 17개 공종의 위험순위를 산정하여 위험도 등급(상, 중, 하)의 관리기준을 정하였다. AHP기법 설문분석과 전문가의 정성적 설문분석을 통하여 위험지수를 산정하고 위험순위를 도출하였다. 이러한 3가지 방법에 의한 위험지수를 비교하여 타당성과 신뢰성을 확보한 중점관리 6개의 공종(A등급)에 대하여 위험성평가를 실시하여 안전대책을 수립, 제시하였다.

따라서, 3가지 분석기법을 합산한 결과 A등급(중점관리 등급) 공종에서의 재해가 축열조 공사의 70%이상 차지하였고, 축열조 공사의 A등급(중점관리등급) 공종에 대해 위험성평가를 통한 위험요인 도출 및 안전대책을 제시하여 사전위험요소를 제거 할 경우 사고위험을 70%이상 감소시킬 것으로 예상되어 실무에 적용이 가능할 것으로 판단되며, 사전 위험성평가 작성 시 도움이 될 수 있을 것이라 기대된다.

**감사의 글:** 이 연구는 서울과학기술대학교 교내 학술연구비(일부, 2014년) 지원으로 수행되었음.

#### References

- 1) D. Y. Park “2013 Construction Business View”, Industrial Economy the Team Reports of Hana Institute of Finance, pp. 6-9, 2012.
- 2) KOSHA, “Tank Construction of Understanding”, Module-type Material 2010-M-278, pp. 4-28.
- 3) KOSHA, “Tank Construction Serious Disaster Case”, <http://www.kosha.or.kr>, 2001.9-2012.6
- 4) KOSHA, “Risk Assessment Model in Construction by Type”, pp. 12-19. 2007.
- 5) J. B. Lee, “A Study on Quantifying the Risk of Bridge Construction Index”, KOSHA Construction Safety Research Project Report, pp. 20-153. 2006.
- 6) J. -B. Lee, J. K. Lee and S. R. Chang, “A Study on the Risk Level of Work Types in Nuclear Power Plant Construction”, Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 28, No.3, pp. 95-99. 2013.
- 7) S. E. SEO, “A Study on Accident Prevention using Risk Index in the Bridge Construction”, PhD Thesis, Myongji University, pp. 46-80. 2009.
- 8) M. K. Lee, M. J. Jeong, K. D. Kim, S. J. Choi and S. K. Park, “The Assessment of the Risk Index in the Bridge Construction by the AHP Method ”Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 24, No.6, pp. 119-123, 2009.
- 9) J. -h. Park, “Analysis of Accident Frequency and Accident Severity in the Construction Sites”, Thesis for Ph. Doctor Incheon University, Incheon, pp. 64-72, 2010.