

## OO시스템 구축사업 리스크 관리 적용 사례



서용철 (주)건원엔지니어링 기술연구소장

### 1. 들어가는 말

리스크관리분야에 관한 학술적인 연구는 상당히 진행되어 왔지만, 실제 국내 건설 현장에서 적용된 사례는 매우 드문 실정이다. 민간투자사업의 재무적 리스크 분석이나 사업전반적인 측면의 리스크 분석은 민간투자사업 제안서 등에서 찾아 볼 수 있지만, 건설사업이 착수된 이후 건설현장에서 체계적으로 리스크를 관리한 사례는 찾아보기 힘들다. 체계적인 리스크분석 및 관리가 적용되지 않는 이유는 여러 가지가 있을 수 있지만, 무엇보다도 분석결과에 대한 실효성에 의문이 있는 것으로 보인다. 어떠한 체계적인 방법론이나 논리에 의해 리스크를 분석하기보다는 직관과 경험에 근거하여 판단하는 것이 더 쉽기 때문인 것으로 판단된다. 그러나 건설사업은 당초 계획대로 진행되는 경우는 매우 드물고, 사업진행과정에서 예상치 못한 상황이 발생하는 경우가 대부분이므로 합리적이고 체계적인 방법에 의한 치밀한 분석 및 대응방안을 사전에 마련하는 것이 건설사업의 성공에 있어 필수적인 것으로 판단된다. 이하에서는 필자가 참여한 OO시스템 구축사업에서 안전과 관련된 리스크 관리 적용 사례를 간단하게 소개하고자 한다.

### 2. OO시스템 구축사업 리스크 분석 개요

#### 1) 개요

OO시스템은 터널내에서 운영되는 무인열차로 완전하게 자동화된 시스템으로서, 무인열차의 안전을 보증하기 위해 리스크분석을 실시하였으며, 이를 통하여 사전에 위험이 발생할 수 있는 리스크요인을 파악하여 실제 위험 발생시 대처

할 수 있는 방안을 마련하고자 하였다. 리스크 분석을 위해 시스템을 8개의 하위시스템으로 세분하였으며(ATC, CCF, COMMS, Guideway, M&SF, PDS, SF, Train)<sup>1)</sup>, 다음 사항에 대해 각각 분석하였다.

- 리스크 요인 발생 가능성
- 잠재적 사고나 서비스/시스템 붕괴의 심각성
- 위험가능성 및 사고심각성에 기초한 위험 평가
- 잠재적 위험 완화 조치

리스크관리는 일반적으로 리스크 요인 파악, 리스크 요인 분석 및 평가, 리스크 대응계획 수립의 순서로 진행되며, 그 이후 사업이 진행되는 과정에서 리스크 대응상황 평가의 과정을 거친다. 특히 리스크 분석 및 평가과정에서는 정성적 또는 정량적인 분석 방법을 사용하는 것이 일반적이다.

본 사례에서는 리스크 분석 및 평가과정에서 정성적인 방법을 사용하였으며, 상세한 사항은 다음과 같다.

#### 2) 리스크 요인/사고 발생 가능성

리스크 요인의 발생가능성은 과거 철도공사 경험과 고장 발생 데이터를 참고하여 결정하였다. 리스크 요인 및 사고 발생가능성은 다음 <표 1>과 같이 분류하였다.

<표 1> 리스크 요인/사고 발생 가능성

범주	정의	MTBF*
AA	Frequent (반복적 발생(약 1개월에 1회))	10° 미만
AB	Probable (작동 30년동안 여러 번 발생)	10°~10°
AC	Occasional (작동 30년동안 1회 발생)	10°~10°
AD	Remote (작동 30년동안 한번도 발생하지 않는 것)	10°~10°
AE	Improbable (작동 30년이상 사고 발생이 전혀 없는 것)	10°이상

\*MTBF : Mean Time Between Failures

1) ATC : 자동열차제어, CCF : 중앙제어설비, COMMS : 통신시스템, M&SF : 유지보수설비, PDS : 급전시스템, SF : 역사장비

### 3) 리스크 요인/사고의 심각성

파악된 리스크요인 또는 사고 발생시의 잠재적인 결과에 의해 다음 <표 2>와 같이 심각성 수준을 정하였다.

<표 2> 위험요인/사고 심각성

범주	심각성		
	인명	장비	
I	치명적	1인 또는 다수의 사망 또는 극심한 환경손상	전체시스템 손실, 차량손실, 극심한 환경손상
II	중대함	심각한 상해/직업질병 또는 주요환경 손상	주요시스템 손상, 열차가 궤도상 멈춤, 궤도부분 방해, 역사 폐쇄
III	중요하지 않음	작은 손상/직업질병/환경손상	시스템 손상, 열차운행중지, 플랫폼 폐쇄, 궤도/역사 즉각 수리 요구됨
IV	무시해도 좋음	작은 손상보다 더 작은 상해, 직업질병 또는 환경손상	계획되지 않은 유지보수요구로 운행 중단

### 4) 리스크 분류

파악된 리스크 요인의 발생가능성과 심각성 수준을 반영하여 각각의 리스크 요인은 다음 <표 3>과 같은 위험수준으로 분류하였다.

<표 3> 리스크 분류

발생가능성	심각성			
	치명적 I	중대함 II	중요치 않음 III	무시 가능 IV
AA	A	A	A	B
AB	A	A	B	C
AC	A	B	C	D
AD	B	C	C	D
AE	C	C	D	D

### 5) 발주처의 리스크 대응

리스크 분류에 따른 발주처의 리스크 대응방법은 다음 <표 4>와 같다.

<표 4> 리스크 대응방법

범주	정의
A	수용불가
B	바람직하지 않음. 발주처의 공식 대리인의 서명 동의로 허용 가능
C	발주처의 검토로 수용 가능
D	검토 없이 수용 가능

## 3. 리스크 분석 및 관리

### 1) 리스크 요인 파악

리스크를 관리하기 위해서는 우선적으로 사업전기간을 통해 발생가능한 리스크 요인을 파악하는 것이 필요하다. 리스크 인식은 리스크가 본 사업에 어떠한 영향을 미치는지, 어

떠한 특성을 가진 것인가에 대해, 사업관계자들로부터 공통의 인식을 얻기 위한 과정이다.

리스크 요인을 파악하기 위해서는 조직적이고 구조적인 분석이 요구된다. 이를 위해 설계도면, 시방서, 절차서를 참고하였으며, 브레인스토밍을 통하여 리스크 요인을 파악하였다. 또한 설계단계에서 잠재적 리스크 요인을 파악하기 위하여, 시스템 설계 및 운영절차에 대한 이해가 선행되었다. 파악된 위험요소는 8개의 하위 시스템으로 구분하여 상세히 분류하였다.

리스크 요인을 파악하는 과정에서 과거 철도 및 고장 내역 데이터 등을 참고로 하여 다음 <표 5>와 같은 키워드를 선별하였으며, 이를 활용하여 다양한 리스크 요인을 확인하였다. 이러한 과정을 거쳐 <표 6>과 같이 최종적으로 총 360개의 리스크 요인을 파악할 수 있었다.

<표 5> 리스크 요인 파악 주요어

하부시스템 위험요소분석	운영 및 지원 위험요소 분석	시스템/인터페이스 위험요소분석
요구사항 충족 실패	잘못된 결과	잘못된 분류
서비스 고장	초기반응	잘못된 정보
잘못된 운영	후 반응	초기 정보
가운영	잘못된 반응	후기 정보
비정상 전원	반응 없음	정보 없음
화재	시험	규격
폭발	고립	모양
충돌	접근	위치
탈선	잘못된 구성	접근
감전사	구성요소 없음	전원
유출	부적절한 구성	환경
위험 물건	제어표시	간섭
접근	고의적 파괴	
환경	인간 실수	

### 2) 리스크 요인 분석결과

리스크 요인에 대한 분석·평가는 특정한 리스크에 대해 정량적, 정성적으로 그 영향을 예측하고 평가하는 것으로 의사결정자가 합리적인 판단을 할 수 있는 근거를 제공하기 위한 과정이다. 본 사업에서는 8개의 하위 시스템별로 파악된 360개의 리스크 요인에 대해 전문화된 바와 같이 발생가능성, 심각성 등을 정성적으로 평가하였다. 리스크 분석결과를 요약하면 다음 <표 6>과 같으며, 상세한 리스크 분석결과에는 다음 <표 7>과 같다. <표 6>에서 볼 수 있는 것처럼 203개의 리스크 요인이 '수용불가'로 평가되었고, 122개의 요인은 '바람직하지 않음'으로 평가되었다. 이러한 요인들은 발주처에서 수용할 수 없는 것이므로, 이를 제거 또는 완화시키기 위한 방안을 수립하였다(<표 7> 참조).

〈표 6〉 리스크 분석 결과 요약

하부시스템	리스크 대응 수준				총 위험요인
	A	B	C	D	
ATC	20	19	4	0	43
CCF	23	16	2	0	41
COMMS	21	25	1	0	47
Guideway	26	12	1	0	39
M&SF	32	16	18	0	66
PDS	5	4	2	0	11
SF	27	6	1	0	34
Train	49	24	6	0	79
합계	203	122	35	0	360

### 3) 리스크 대응방법 수립

인지되고 평가된 리스크 각각에 대한 다양한 대응방안을 수립해야 한다. 일반적으로 손실을 가져오는 리스크 대응방법은 회피, 전가, 저감, 분산, 수용 등의 방법이 있다. 본 사업에서는 〈표 3〉 및 〈표 4〉에 의한 리스크 분류 및 발주처의 리스크 대응방법에 따라 다음과 같은 리스크 대응방법을 수립하였다.

- 회피 : 위험요소를 통제하기 위한 설계 변경  
시스템/하위시스템/장비 삭제
- 저감 : 안정장치 사용, 경고장치 사용, 특별한 절차의 이행
- 수용 : 리스크 요인을 수용하고, 가능한 완화조치 실시

### 4) 리스크 요인의 모니터링

일반적으로 사업 초기단계에서는 잠재적 리스크가 가장 크고, 사업이 진행되어 감에 따라 감소된다. 리스크의 영향은 초기단계에서는 작고 사업이 진행되어 감에 따라 점차 증대된다. 본 사업에서는 인지된 각각의 리스크 요인에 대해 수립된 대응방법에 따라 리스크를 관리하였으며 사업진행과정에서 지속적으로 모니터링을 하였다. 본 사업은 무인열차를 설계, 제작, 설치하는 것으로 설계, 제작, 설치과정에서 인지된 리스크 요인에 대한 관리가 이루어졌으며, 특히 시운전 과정에서 안전에 영향을 미칠 수 있는 각각의 리스크 요인에 대한 철저한 검증이 이루어 졌으며, 수립된 대응방법에 따른 조치를 취하였다.

## 4. 맺음말

리스크 관리는 건설사업관리자가 관리해야 하는 업무중의 하나로서 대형화, 복잡화, 시스템화 되어가는 건설사업에서 점차 그 중요성이 증대되고 있다.

본 사례에서는 리스크 분석을 통하여 사업착수 이전에 고려해야 할 제반 리스크 요인을 파악할 수 있었고, 안전에 영향을 미치는 중점 요인을 파악할 수 있었다. 또한 파악된 리스크 요인 각각에 대한 리스크 완화방안을 사전에 수립함으로써 향후 발생할 수 있는 리스크에 적절하게 대비할 수 있었다. 이러한 리스크분석 결과를 토대로 시스템 설계, 제작, 설치시에 주요하게 관리하여야 할 사항을 파악할 수 있었고, 시운전을 통하여 리스크 요인에 대해 철저히 검증함으로써, 성공적으로 사업을 마무리할 수 있었다.

리스크는 어떠한 건설사업에도 근본적으로 존재하기 때문에 잠재적인 리스크 요인을 파악하고 이에 대응할 필요가 있다. 리스크 관리계획 수립, 리스크 인식, 리스크 분석 및 평가, 리스크 대응방법 수립, 리스크 대응상황의 평가와 같은 일련의 리스크관리 프로세스를 진행한다면 비용초과, 공기초과, 시스템의 고장, 초기 가동실패 등과 같은 리스크를 사전에 파악하고 관리함으로써 성공적으로 건설사업을 진행해 나갈 수 있을 것이다.

리스크 관리는 정확하게 알 수 없는 미래 사건들의 결과와 관련된 것으로, 바람직한 결과를 확보하기 위해 장래의 사건을 철저히 분석하고 대응하기 위한 관리기술이다. 리스크 관리는 건설사업 전반에 대한 리스크 관리도 필요할 뿐 아니라, 공정리스크, 비용리스크, 운영리스크, 공법에 따른 리스크 분석 등 세부적인 분야에 대해서도 철저히 분석하고 그 대응방법을 모색할 필요가 있다. 이러한 리스크 관리를 체계적으로 수행하기 위해서는 리스크 관리에 일반적인 지식뿐만 아니라 리스크를 정량적으로 분석할 수 있는 도구에 대한 지식도 함께 갖추어야 할 필요가 있다.

- 서용철 e-mail : m9732009@kunwoneng.com

〈표 7〉 리스크 등록부

식별 번호	시스템	하위 시스템	위험내용	위험원인	발생가능한 사고	위험평가			리스크 대응방법 (가능한 완화조치)
						발생빈도	심각성	위험등급	
1001	ATC (자동열차제어)	ATO (자동열차운영)	작동중 에어컨 스위치 꺼짐	탑재된 ATO 장애	열차내 공기오염으로 승객 실신 우려	AB	IV	C	객차내 높은 온도를 CCF(중앙제어설비)에 알려 승객을 보호
1002	ATC	ATO	출발연동장치 장애	제어장애 - 브레이크 해제전에 열차 출발	브레이크 과열, 모터 과부하로 타이어나 차상장비에 화재 가능성	AB	III	B	화재위험을 감소시키기 위해, 질소를 주입한 타이어 사용, 차량바닥 방화재는 NFPA-130을 준수함.
1008	ATC	ATO	ATP (자동열차보호) 장애	EMI(전자력간섭)	열차 충돌 가능성	AA	II	A	EMI 조사 실시 국내의 기준에 적합한 설계여부 확인 EMI 인터페이스가 없음을 확인하기 위한 통합 현장승인 시험(SAT) 수행
1012	ATC	ATP (차상열차보호)	ATP 열차 제어 불능(속도코드 제공불가, 열차로 어떤 신호도 제공되지 않음)	ATP에 의한 운영 상태 감시 장애	열차가 궤도에 서있을 가능성이 있으며, 서비스 중단	AB	II	A	오류를 확인하는 기능의 2중계 차상 ATP제공 "정지"와 같은 ATP장애가 있는 경우, 기차가 Fail-Safe 모드로 전환되는지 확인
2001	CCF (중앙제어설비)	ATS (차상열차감독)	평상시 운영에서 ATO 차상장비의 장애 감시 상태	ATS 제어장애	사고형태를 결정하는 것과 복구방법을 판단하는 것이 지연됨. 사고의 피해가 증가될 가능성 있음	AB	III	B	여분의 장비 제공
2005	CCF	ATS	비상브레이크 해제 실패	ATS 장애	수동으로 차상장비가 재가동 될 때까지 궤도의 한 부분은 열차에 의해 폐색됨	AB	II	A	여분의 장비 제공
2006	CCF	ATS	ATS에 의해 접지장비 상태 감시 오류	제어 장애	복구대책 이행지연. 궤도부분이 폐색될 가능성 있음	AC	III	C	여분의 장비 제공
2040	CCF	PDS (급전 시스템)	전력 배선도 표시 불분명	전기적/장비 장애	운영자는 비정상적인 분전반을 감시/제어할 수 없음. 궤도부분이 폐색될 가능성 있음	AB	II	A	여분의 워크스테이션과 통신선로 제공
3002	COMMS (통신 시스템)	BLS (청색등 제어반)	청색등 제어반 활성화가 진행되지 않음	전기적/전력 장애	선로 진입전에 수송전력을 차단시키지 못함. 감전사 위험	AA	II	A	UPS상의 BLS 제공 BLS 활성화의 주기적 테스트 실시
3004	COMMS	BLS	청색등 제어반이 불필요하게 활성화됨	부당한 사용	사속되는 동안 전력의 갑작스런 감소로 불시에 승객들이 미끌어지거나 떨어질 가능성 있음	AB	III	B	경고 신호 제공
3005	COMMS	CCTV	CCO는 잘못된 CCTV 판별 명령을 수행함	부적절한 교육 또는 교육 없음	사고형태를 결정하는 것과 복구방법을 판단하는 것이 지연됨. 사고의 피해가 증가될 가능성 있음	AA	III	A	공인하기 위한 재교육 실시 고려