

## 해외플랜트 리스크 분석 사례



이현영 현대건설(주) 기술·품질 개발원 차장

### 1. 서론

2000년대 이후부터 세계 플랜트 시장은 급속히 증가하고 있으며, 특히 오일/가스 관련 플랜트 개발사업이 지속적으로 증가하여 왔다. 작년부터 시작된 전 세계 금융시장의 불안은 신규 공사에 대한 투자 환경을 축소, 신규 프로젝트 발주가 지연되는 등 국내건설업체의 수주가 급감 하였다. 그러나 경기 하락속도가 둔화되고 하반기부터 회복세가 예상되는 등 해외플랜트 시장은 다시 기지개를 펴고 있다.

이미 국내 건설업체들은 해외 플랜트 건설시장에 적극적으로 진출하고 있기 때문에 오일/가스 플랜트 건설공사의 비중은 점차 증가하고 있지만 프로젝트의 대형화, 첨단화 및 해외공사의 상대적으로 높은 리스크 등으로 프로젝트 관리에 있어 많은 어려움을 겪어왔다.

국내 건설업체들은 이러한 리스크에 효과적으로 대응하기 위해서 기업차원 또는 프로젝트 차원에서 각 사의 특성에 맞게 리스크 평가/대응방안을 수립하여 적용하고 있으며, 계약 후 프로젝트 종료시점까지 공기 지연, 공사비 상승으로 이어지는 리스크를 줄이고자 지속적으로 관리하고 있다.

다만, 영업 단계와 입찰 단계에서 진행된 리스크에 대한 평가/분석이, 발주처의 입찰자 평가 기준으로서 또는 계약 후 공사 리스크관리시스템으로만 작용하는 것이 아니라, 계약 전 계약프로젝트 입찰단계에서 공사비 및 공사기간 등에 리스크 평가/분석을 반영하는 절차의 도입은 발주처/계약자간 아직 미흡한 실정이다.

따라서 본문에서는 해외 LNG (Liquefied Natural Gas 액화천연가스) 플랜트 Project 의 사업수행 과정에서 발생할 수 있는 리스크를 사전 평가/분석하여 입찰/계약 단계에 반영한 정량적 리스크분석 (Quantitative Risk Analysis) 사례를 소개하고자 한다.

### 2. 리스크 평가 절차

#### 1) 국내 건설사의 리스크 관리 현황

국내 건설회사들은 1990년대 후반부터 2000년대 초반까지 해외 플랜트 공사의 악성 수주에 의한 심각한 손실을 직, 간접적으로 경험하면서 해외공사의 리스크에 대한 관심을 기울이기 시작하였다.

해외 진출 건설회사들은 일반적으로 해외 플랜트 공사 리스크 관리의 중요성을 인식하고 별도의 팀을 구성하여 리스크 관리 업무를 수행하게 하고 있다. 해외 플랜트 공사에 대한 입찰 정보가 입수가 되면, 영업 초기단계에서는 담당자들의 전략적인 판단에 의해서 영업 방향을 수립하고 이때 영업 단계에서 나타나는 리스크를 평가하여 입찰 참여 여부를 결정하게 된다.

견적단계에서는 관련부서와의 실무회의를 통하여 해당 플랜트 공사와 관련된 다방면의 리스크를 도출하게 되며, 이에 따른 비용을 견적금액에 반영하기도 한다.

현장에서는 프로젝트 수행 시 사전에 작성된 리스크 체크리스트를 이용하여 리스크 관리를 실시하고 있다.

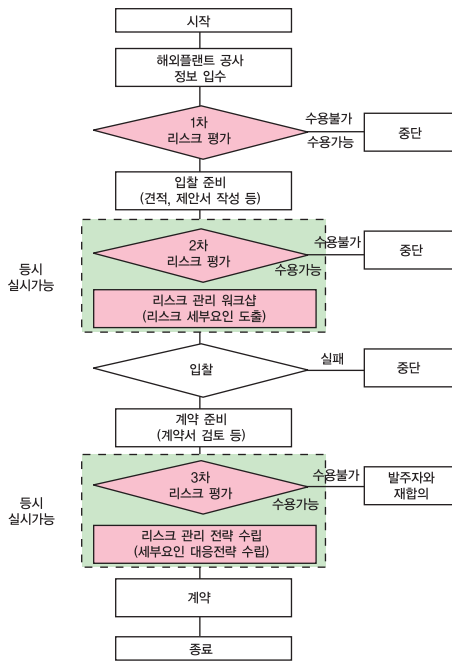


그림1. 입찰 및 계약단계 리스크 평가 프로세스

2) 해외 건설사의 리스크 평가 현황

글로벌 해외건설회사(또는 투자회사) 들의 공통적 특징은, 그들은 좀더 향상된 리스크의 식별 후 평가하는 것이 리스크 절감과 전략수립에 많은 도움을 준다는 것과, 그러한 평가를 수행하는 전문가 조직이 있으며, 잠재적인 리스크를 평가하고 줄일 수 있는 방안을 추구하고자 지속적으로 노력하고 있다는 것이다.

존재할 수 있는 모든 상황에 대해서 리스크를 검토해야 하므로 포괄적이고 전체적인 리스크 요인을 가지고 평가를 실

시 한다. 이를 위해 예측 가능한 모든 사항을 포괄적으로 포함하고 있는 리스크 요인을 도출해야 하며, 이에 대한 구체적인 세부 검토 요소(용어 및 범위 포함)까지 정의한다.

상기 리스크 요인에 대한 세부 검토 요소를 참고로 하여 실제로 해당하는 해외 플랜트 공사에서 발생할 수 있는 리스크를 확인 및 평가, 경감 방안이 포함된 목록(Risk Register)화 하여, 상세하게 검토하는 것이 목적이다.

이러한 Risk Register를 입찰/계약/공사 시 관리 할뿐만 아니라, 이를 공기 또는 공사비로 표현이 가능하도록 하는 것이다. 이를 위해 리스크 요인을 가지고 간단하고 정형화된 리스크 평가를 통해서 정량적인 평가가 가능해야 하며, 리스크의 Schedule/Cost 영향을 공기나 공사비로 변경해서 입찰 금액 및 계약공기에 포함시켜 공사/입찰에 적용하는 것이다.

이러한 경향은 해외플랜트 시장에서 기 적용되고 있다

3. 발주자 (투자회사) 리스크 관리

발주처 또는 투자개발회사는 Project 기획부터 다양한 측면으로 Risk Management를 수행하고 있다. 크게, 시장 가격 결정 (Price Determination in Gas Market), 포트폴리오 추구 (Portfolio approach), 시장가격 위험의 관리 (Management of Price risks) 등을 통해 최종적으로 사업의 수익성을 검증 후 투자를 결정하는 것이다.

특히, LNG Project 경우에는 Onshore, Offshore, 운송(수송), 저장 및 출하 등 Multi-Project 이기에 투자기간이

〈표 1〉 Project Risk Register

Risk ID	R/O	ROBS code	Risk title	Cause	Risk Contents	Effect	Risk status	Risk Submitted by	To be followed by	Probability	Cost	Schedule	Owner Impact	Eng. impact	Construction impact	Comments	Action type	Proposed action	QUALIFICATION	COST + ALLOWANCE	CONTINGENCY
				발생원인기술			Active / Closed	발주설계시공하도	발주설계시공하도	High Medium Low	High Medium Low	High Medium Low					회피양도완화수용				임시비

길고 금액이 수십억불에 이르는 등 초대형 Project이기에, 기획 시부터 포괄적인 Risk 검토 및 충분한 평가가 사업 수익성 검토에 포함 된다.



그림2. Bontang (Indonesia): The largest LNG Project in the World

LNG Project 기획 시 기본 검토사항인, 가스전의 위치, 매장량, 총 투자비 및 회수기간, 연간 생산량/Train 수, 건설기간 및 공사비, LNG 판매처, 예상 수익률, 신규 프로젝트로 재투자 등 모든 측면에서 리스크가 상세히 검토 되어진다.

예로, 가스전의 위치와 판매처의 지정학적 위치에 따라, LNG 운송방법이 육상 Pipeline이나, LNG선 이냐에 따라 상기 검토사항이 각각의 연관관계에 의해 전면 재 검토되어져야 하기 때문이다.

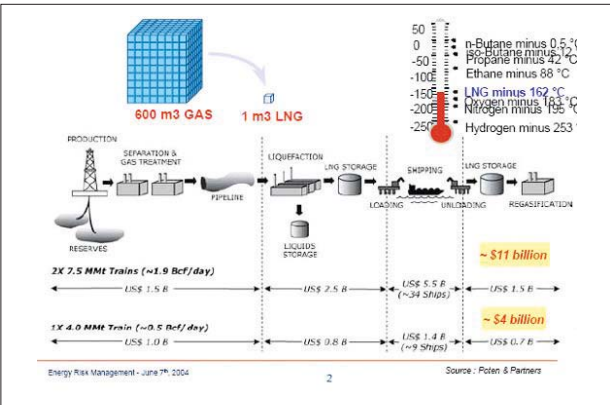


그림3. LNG Project Chain

플랜트공사 완공 후 생산되는 LNG가 Gas Market에 공급되는 시기의 시장가격 결정은 투자시기를 결정짓는 가장 중요한 리스크이다. 전 세계적인 가스 공급량/수요량을 정확히 예측하여야 하며, 경제/정치/환경문제 등의 리스크를 예상/평가하여야 한다. 또한, 계절적 수요 및 대체 연료, 타 에너지 사업과의 경쟁력, 소매시장/구매자까지의 운송/판매 방법까지 모든 상황에 대한 예상할 수 있는 리스크를 고려하여 시장가격 (Price in Gas Market)을 예측하여야 한다.

또한, 타 투자회사의 천연가스(Natural Gas) 또는 LNG의 향후 수입/공급 계획, 현재200~250억불 규모인 Gas Market의 시장 규모, 글로벌 시장의 10~15% 성장력 등을 Project 초기 및 향후 Gas 공급시기의 예상 등 에너지 시장에 대한 리스크를 예측하여야 한다.

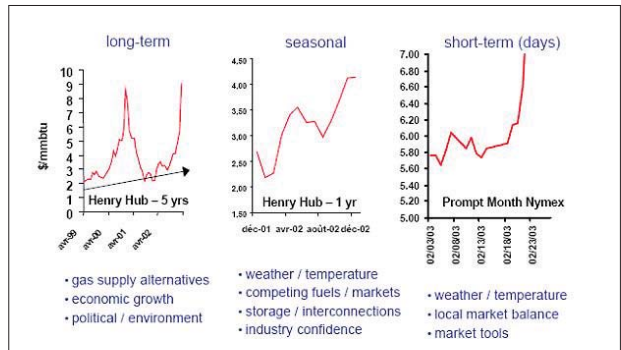


그림4. Price Determination over Time (US market)

투자회사는 앞서 열거한 시장가격 리스크 (Price Risk), 공급량 및 생산시설 리스크 (Volume Risk) 그리고 공급시기 리스크 (Time Risk)를 통합 고려하여야 하며, 이 리스크들의 분석/평가의 복잡한 Pricing Mechanism을 통한 리스크 분석(Analysis of Risk)은, 발주처에게 수익성을 극대화할 수 있는 최적의 투자 방안을 제공 한다.

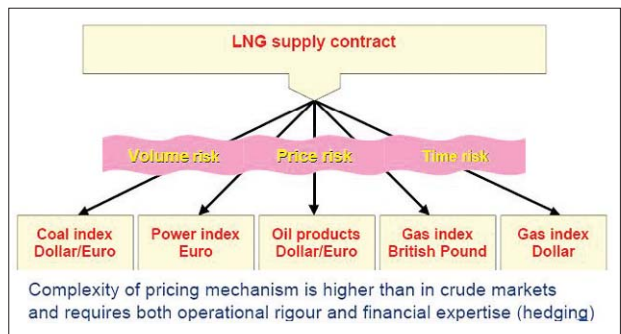


그림5. Analyzing price risk at Portfolio level

## 4. 입찰자 (또는 계약자) 리스크 관리

### 1) 리스크에 대한 비용 분석

최근 해외플랜트 발주 시 계약서에 입찰시 Project에 대한 리스크 평가 및 Schedule 리스크분석(Schedule Risk Analysis)를 제출토록 요구하고 있으며, 특히 상기 LNG Project의 경우, 이러한 리스크분석을 계약 후 지속적인 리

〈표 2〉 WBS로 분류된 Risk Register

MA JO	Risk ID	R/O	ROBS code	Risk title	Risk status	Cause	Risk
x	1	R	1.1.11	Local content: contract requirements versus Legal obligations	Active	Certain level of local content will be required by Iranian authorities	Different interpretation of Iranian authorities on what is or not Iranian content ; fall short of requirements . Or incapability to fulfil Iranian requirements in the respect of the other Contract's objectives .
	4	R	1.1.15	Construction equipment re-exportation outside of Iran	Active	We have to import to Iran construction equipment, sometimes not channelled through local companies	1)Timely arrangement of barge to outside 2)Missing of original import custom document
	12	R	1.1.9	Strike or labor unrest on construction site (linked to the Project)	Active	Construction teams for this mega project will consist of huge Manpower with several different nationalities, troubles or cultural misunderstandings may occur.	1)Losses of productivity may occur 2)Labor may strike due to certain dissatisfaction

〈표 3〉 Risk Register with Cost Analysis

Risk title	COST + ALLOWANCE	CONTINGENCY	PROBABILITY (LOW or HIGH)	COST CALCULATION	POSSIBILITY	APPLIED	AMOUNT APPLIED	
Local content: contract requirements versus Legal obligations			High	Target 35% , Estimation 31% Cost Difference US\$ 10,000,000,000 x 4% = 400,000,000 Local company fee: 5~10% US\$ 400,000,000 x 8% x 50% = US\$ 16,000,000 (HDEC JV=50:50)	16,000	100%	100%	16,000
Construction equipment re-exportation outside of Iran		1)HDEC to make list of construction equipment impacted by that risk 2)HDEC to calculate monetary value of the stand-by of these eqpt 3)HDEC to confirm that tax regime for construction equipment imported temporarily is clear for them and that there is no r	Low	- Construction Equipment cost : Approx. 326,000,000 - The expected portion : 20% : 326,000,000 x 20% = 65,200,000	65,200	50%	50%	32,600
Strike or labor unrest on construction site (linked to the Project)	Cost of local staff + insurance coverage cost	Cost to satisfy workerts requests Schedule contingency	Mid	- 2 time /year - 2 weeks impact/time - 2 x 3 year (const) x 2wks = 12 wks (3 month) - \$ MT: 749 Mil US / 36 = 20.8 Mil /Mon - 20.8 Mil x 3 = 62.4 Mil US	62,400	50%	50%	31,200

스크관리system에 적용뿐만 아니라, 입찰시 견적에 Cost 및 Schedule Analysis 결과를 반영하도록 요구 하였다. 이러한 LNG Project의 해외플랜트 특성에 대한 리스크분류체계 (Risk Breakdown Structure)를 작성하고, 프로젝트 기간 중 발생할 수 있는 모든 위험요인을 식별한 Risk Register 를 작성 하였다.

도출된 리스크 요인을 가지고 리스크 평가를 실시하는데, 리스크 평가는 각각의 리스크 요인 마다 원인, 대응방안, 발생확률과 영향도 등 몇 단계로 구분하여 평가 한다.

리스크 별로 Project에 미치는 영향을 Schedule 및 Cost 으로 구분하고 정량적인 분석(Quantitative Analysis)을 한다. 특히 Risk에 대한 Cost Analysis 결과는 해당 항목의 직접비 (Direct Cost) 견적금액에 반영한다.

2) Schedule 리스크 분석

해외플랜트의 입찰시 일반적으로 발주처는 Schedule을 특정 일정관리 프로그램(예, Primavera Project Planner 등)을 통한 CPM Logic Network 으로 작성토록 요구하고 있다. 최근에는 몬테카르로 시뮬레이션(Monte Carlo simulation)을 통한 정량적 리스크 분석을 제출토록 요구하고, 이를 입찰자 Schedule의 적정성 검토 및 기술 심사(Technical Evaluation)에 반영하고 있다.

Schedule 리스크 분석 절차를 살펴보면,

우선 리스크 모델로서의 Schedule 확정 (deterministic schedule), 리스크 Register 의 분석 결과를 Schedule 에 반영, 주공정 작업 (Critical activities)의 리스크범위를 결정 (Optimistic and pessimistic Value), 그리고 몬테카르로 시뮬레이션 (Monte Carlo simulation) 기법을 사용하여 리스크 분석을 한다.

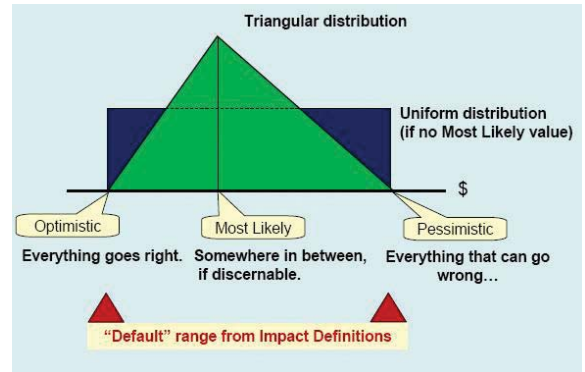


그림6. Three Point Estimation of Risk Range

단, 공기 지연에 대한 손해배상금 (Liquidated Damages) 이 없다는 가정하에, Risk Register 중 Schedule Impact 항목을 몬테카르로 시뮬레이션에 반영한다. 또한 Schedule상 여유일수(Total float)가 30일 이내로 제한하여 Schedule에 지연영향을 초래할 수 있는 Activity에 대한 리스크범위 (Risk ranges Justification) 를 제한한다.

설계 Activities에 대해서는 과거 유사 프로젝트 시 설계

	Without Early Works	With Early Works	Justification	D Points impact
Basic Engineering Definition	-2w/+3m	-2w/+1,5m	-Plot plan configuration finalisation -Stress analysis risk -Risk due to process basis (process Heat&Material Balance not rely upon, to be reviewed/confirmed and validated by licensors if any identified discrepancies)	-Provision for addition of future liquid expander -validation of SRF plot plan -Plot plan optimisation for MR 1 volume limitation -Water ingress in LPG fractionation unit through sour butane from sulflex unit -Modification of refrigerant storage unit for startup activities -Location of fuel gas receiving facilities -Anti-BLEVE protection of Drums -Relocation of the bum pit and flare KO drum outside SP 11 restricted areas -Split of the substation in Train in 3 -LNG train flare system finalisation -Fuel gas system finalisation
Air Compressor package RFQ Prep	0/+1m	-1w/+3w	-Capacity depending on consumption from various sources and preliminary data -deterministic schedule very aggressive -Need of nitrogen at start-up to be confirmed versus LNG train	
Air Drying package RFQ Prep	0/+1m	-1w/+3w		
Air separation package RFQ Prep	0/+1m	-1w/+3w		
Sea Water Pumps RFQ Prep	0/+1m	-1w/+3w	-Linked with water balance (see below)	

그림7. 설계 Risks Ranges Justification

자연요소 및 자연사례를 바탕으로 각 Activities에 대한 Risk 범위를 일정단축 시 -2주, 일정 지연시 1.5 개월로 예측하였다.

구매 Activities에 대해서는 입찰시 받은 각 Vendor 및 동종 업체들의 유사 플랜트 별 기기 Delivery 실적자료를 기준하였다. 특히 입찰 당시 중동 플랜트 호황기에 따른 Vendor 시장 과열 (Overheat of Global vendor market), 예산을 고려하여 입찰시 견적 Vendor 아닌 타 Vendor 선정에 따른 납기 증가, Vendor의 많은 주문물량(Work Load) / 기술적 문제 (Technical Complexity) 등으로 인한 납기 지연 문제 등을 고려하여 schedule Risk 범위를 결정 하였다.

물론, 리스크 대응방안으로, Critical Delay의 경우 Vendor를 독려하는 Incentive제를 운영하고 자재 Expediting Staffing을 배정하는 등, 리스크 완화 (Mitigation) 방안을 고려한 Schedule Risk Range를 적용한다.

Material Description Equipment number	S schedule min	S schedule max	schedule basis as per Summary Sheet	Total Float (calendar days)
AMINE ABSORBER COLUMN	-1	6	24	34
AS/SS COLUMNS	-1	6	18 / 21	60
CS HEAVY DRUMS	-1	3	15 / 18	31
FLARE SYSTEM	-2	4	17	140
TRANSFORMING FOR COLUMNS	0	6	10	560
LIE PUMPS	0	6	18	71
REACTORS	-3	3	15 / 21	60
SCRUBBER COLUMN	-2	2	20	94
SEAWATER PLATE EXCHANGERS	0	0	30	13
SS HEAVY DRUMS	-1	4	17 to 22	0
SS PLATE EXCHANGERS	-1	3	17	31
AIR COOLERS	0	6	15	31
COOLING WATER PUMPS	-2	6	16	90
HEAVY DUTY PUMPS	-1	8	16	80
HP FUEL GAS COMPRESSOR	0	6	21	3
LOADING ARMS (PROPANE, BUTANE, LNG)	-2	2	18	150
FRESH WATER PUMP	-3	4	15	1
SEAWATER PUMPS	-3	4	17	112

그림8. 구매 Risks Ranges Justification

시공/시운전 리스크 분석 시, Risk Register로부터 Schedule Impact가 있는 Risk 평가를 시공 Activities에 적용하며, 시공 Activities에 대해 Maximum Risk Ranges를 -15%~+33% (-1개월~+2개월) 적용 하였다. 이 Maximum 리스크 범위에는 각 시공 Activities Risk에 포함시킬 수 없는 Risk들이 함께 고려되어 졌다고 본다.

예로, 근로자 파업(Strike) 경우, 발생확률 50% 공기 영향 2주/년

안전사고 (Safety)의 경우, 발생확률 30% 공기 영향 2주/관련작업

주요 기기 파손 (Major Damages) 경우, 발생확률 10% 공기 영향 2주/관련작업

시운전 Activities 관련 Risk 범위는 유사 프로젝트의 시운전 실적 사례를 반영하여, -2주/+1개월(-12%/+30%)을 반영하였다. 특히, 시운전 중 손상이 예상되는 기계류 (compressor, cold box, transformer 등)는 발생확률 10% 공기 영향 2~4개

월로 적용 하였다. 상기와 같은 사전 식별/평가된 Risk Register 중 공기 지연 요인 및 EPCC(설계,구매,시공,시운전) Schedule의 주요 Activities에 예상되는 Risk Range를 몬테카르로 시뮬레이션을 반영한 Schedule Risk Analysis 결과는 하기와 같다.

그림9는 Risk를 고려시 예상되는 공사 완료 일을 확률분포도로 보여주는 것이다. 예정 완공일 (deterministic finish)을 2011년1월10일이라 가정할 때, 85% 확신할 수 있는 공사 완공 일은 2011년8월로서 약 7.8개월 지연 완료 및 60% 확신할 수 있는 공사 완공 일은 2011년6월로서 약 6.4개월 지연 완료를 예상할 수 있다.

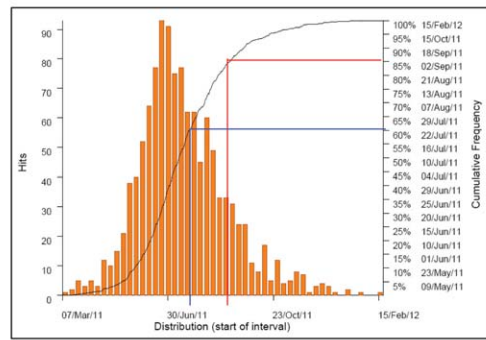


그림9. Schedule risk analysis with Mitigation Plan

Schedule Risk Analysis 결과는 LNG Project 공사기간 동안 발생할 수 있는 Schedule Risk를 발생확률과 공사완공 예상일을 보여주는 것이다. 이러한 공기 지연 리스크를 정량화 하여, 입찰 견적 시 예비비 (Contingency)에 반영토록 책정해 두어야 한다.

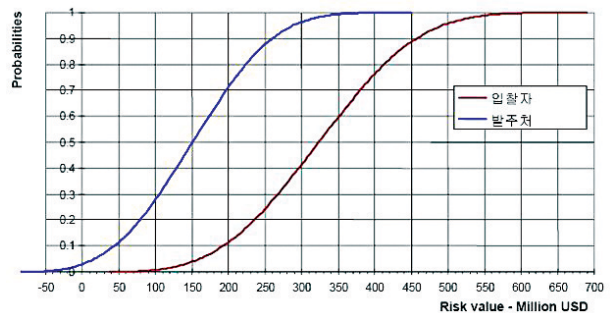


그림11. 시공/시운전 RISK VALUE Curve

설계/구매 단계에서는 하청사비 (Vendor 제작비)를 제외한 간접비 총액을 설계/구매 기간으로 나눈 월평균 간접비를 산출하여 예상 지연일수를 적용하여, 설계/구매 예비비를 산정 할 수 있다. 시공/시운전 단계에서는, 공기 지연시 시공물량을 기준한 직접비(Direct Cost)의 변동은 없는 것

으로 간주하며, 공사관리/임시 설비/간접인원 등 간접비 (Indirect Cost) 의 증가만을 고려하며 월 평균 간접비를 산출하여 예상 시공일수를 적용하여, 시공/시운전 예비비를 산정한다.

단, 월평균 간접비를 반영한 Running Cost는 공사기간 중에 대한 것으로 공사완공예정일 (deterministic schedule) 이후에 발생하는 기간에 대한 물가상승율(Escalation)을 추가 적용하여 예비비를 산정한다.

LNG Project 사례에서 보듯, Schedule Risk Analysis를 통해서 입찰시 견적금액에 반영한 Risk 관련 예비비는 약 4.5%에 해당하였다. 몬테카를로 시뮬레이션을 이용한 Schedule Risk Analysis를 이용하여, Cost Risk를 분석 평가를 적용한다.

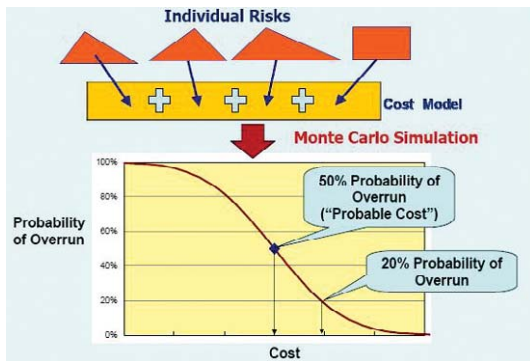


그림12. Quantitative Cost Risk Analysis

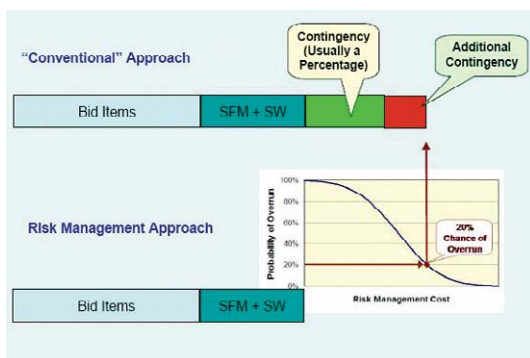


그림13. Contingency Validation in Project

그림12에서 보듯 Risk에 따른 공사기간 지연이 발생할 확률에 따라 발생할 비용을 적용, 초과 발생확률 Probability of Overrun) 0%는 예상되는 총 Risk 비용을 예비비에 책정한다. 마찬가지로 50%의 초과 발생을 감수한다면, 예상 Risk 비용의 50%를 Risk에 대비한 예비비에 책정하여 두어야 한다. 즉, Cost와 Schedule을 함께 고려한 Risk analysis 및 대응방안이 사전 수립되어야 하겠다.

## 5. 결론

LNG 프로젝트 사례에서 보듯, 해외 플랜트에 대한 리스크 관리의 중요성이 증대되고 있으며, 발주처는 입찰 단계에서부터 충분한 리스크를 고려 입찰금액에 반영토록 발주처는 유도하고 있다.

Risk 분석을 통한 예비비 배정은 혹 발생할 수 있는 공기 지연에 따른 Cost 증가를 계약금액에 보상하여주는 것뿐만 아니라, 발주처의 입장에서 예비비를 인정해 줌으로써 발생할 수 있는 지연요소에 대한 적극적인 리스크 대응 (Risk Response)을 통하여, 차후 분쟁의 소지가 없으며 계약자에게 공기를 준수토록 모든 책임을 부과하는데 있다고 하겠다. 따라서, 리스크 관리에 관계된 프로젝트 활동은 프로젝트 초기부터 조직화되고 계획화되어야 한다.

프로젝트 각각의 활동에 대해 리스크에 대한 책임, 기간, 대처전략이 충분히 평가 되어져야 한다.

사례를 통한 리스크 모델을 개발하고 지속적 업데이트를 하여야 하며, 입찰 단계부터 프로젝트 종료까지의 리스크를 컨트롤/모니터링 하며 이러한 리스크 관리 자료가 신규 프로젝트에 충분히 반영되도록, 리스크 관리 피드백 시스템을 구축/효율적으로 이행 하여야 하겠다.